

Pektin, pektinaser och klarning av must före fermentering

I detta faktablad hittar du information om pektiner, pektinnedbrytande enzym och olika metoder för klarning av must före fermentering vid tillverkning av cider.

VILKA METODER ANVÄNDS FÖR KLARNING AV MUST FÖRE FERMENTERING?

Efter pressning bör musten klarnas för att undvika framtida kvalitetsproblem i cidern. Klarning före fermentering kan förstärka fruktaromer, minska risk för oönskade bismaker, främja en långsam fermentering som kan ge restsötma, och göra det lättare att tillverka en helt klar cider. I en grumlig must är risken större att svavelväte (H_2S) bildas. Målet med klarningen är därför att avlägsna så många partiklar som möjligt från musten innan fermenteringen startar, och samtidigt minska både fiberinnehåll och näringsämnen som annars gynnar tillväxt av jäst. Klarning är också mycket viktigt för att nå en mikrobiologisk stabilitet hos cider som ej ska pastöriseras.

Vid modern cidertillverkning rekommenderas att must klarnas till en turbiditet motsvarande 80–120 NTU (nefelometriska turbiditetsenheter) eller 1–2% fasta partiklar före fermentering (Scott Laboratories 2024). Detta görs med hjälp av enzymer, klarningshjälpmedel och genom filtrering. Turbiditet är ett mått på grumligheten och mäts med hjälp av en turbiditetsmätare. Turbiditeten bör mätas före och efter varje filtreringssteg för att avgöra om ytterligare filtrering krävs, och i vilken utsträckning (grov-, medium-, eller finfiltrering). Must som är alltför klar kan stressa jästen vid fermenteringen eftersom jästen sedimenterar snabbare i en fullständigt klar must än i en must med viss grumlighet.

Vid traditionell ciderproduktion finns två huvudmetoder för klarning av must: klarning genom enzymering och sedimentering (eng. *bottom clarification*, fr. *debouillage*) och klarning genom pektinagering (eng. *top clarification*, *keeving*, fr. *défécation*). Båda metoderna bygger på enzyms verkan på pektin i musten och kan kompletteras med olika filtreringsmetoder.

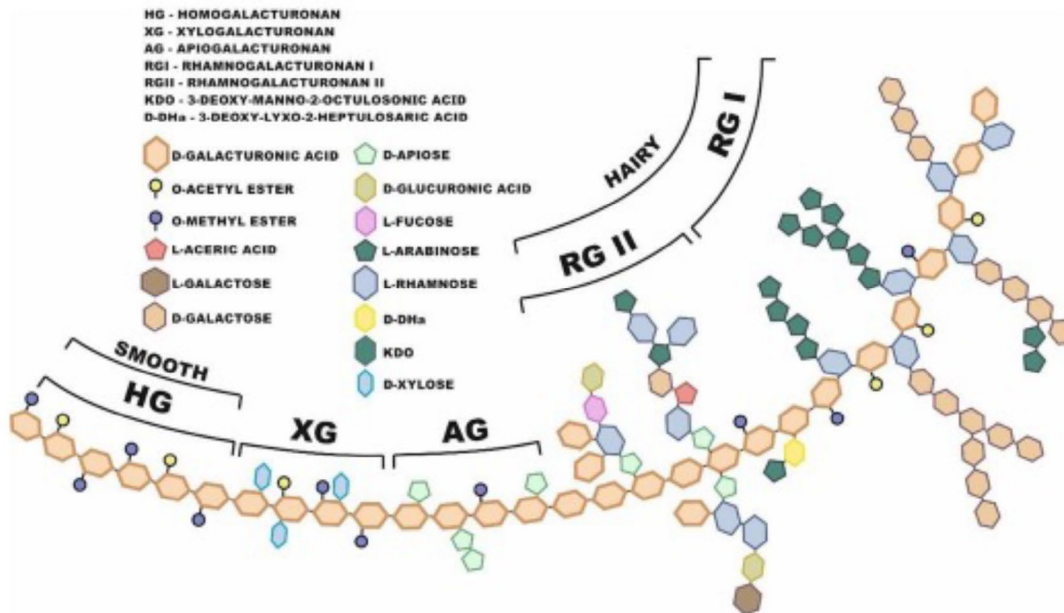
VAD ÄR PEKTIN?

Pektin är komplexa polysackarider (kolhydrater) som finns i cellväggarna som vattenlösligt protopektin (cellväggsklister), och bidrar till fruktens textur. Kemiskt sett består pektin av långa kedjor av galakturonsyramolekyler som är sammanlänkade av alfa-1,4 glykosidbindningar. Dessa kedjor kan också innehålla andra sockermolekyler som rhamnos, galaktos och arabinos. Galakturonsyraenheterna kan även innehålla metylestergrupper, som i hög grad påverkar pektinets egenskaper.

Pektin kan klassificeras i tre huvudtyper baserat på deras molekylstruktur och egenskaper (Figur 1, Zdunec et al. 2021):

- *Homogalakturonaner*: Detta är linjära (eng. *smooth*) molekylkedjor av galakturonsyraenheter med få eller inga förgreningar. Homogalakturonaner är den dominerande strukturen och utgör upp till 60% av pektinmolekylen, och bidrar till pektinets gleringsegenskaper.
- *Rhamnogalakturonaner I (RG-I)*: Detta är förgrenade (eng. *hairy*) molekyler med en ryggrad av galakturonsyraenheter och de har dessutom sidokedjor som innehåller rhamnos och galaktos. RG-I pektin är involverade i tvärbindingar och bidrar till cellväggarnas elasticitet.
- *Rhamnogalakturonaner II (RG-II)*: Detta är mycket förgrenade pektiner och innehåller komplexa strukturer av olika sockerarter, inklusive arabinaner och galaktaner. RG-II-pektin är mindre kända men tros spela en viktig roll för cellväggens arkitektur och integritet.

När äpplet mognar omvandlas cellväggarnas protopektin till vattenlösligt pektin vilket gör att fruktköttets textur ändras genom att cellerna släpper från varandra varvid frukten mjuknar. Äppelmust innehåller vanligtvis 0.1–1% pektin som bidrar till mustens viskositet och munkänsla (Jolicoeur 2013).



Figur 1: Schematisk struktur av en pektinmolekyl som visar olika delar alltifrån den raka ogrenade homogalakturonan delen (HG) till olika varianter i form av lätt förgrenade xylogalakturonan (XG) och apiogalakturonan (AG) delar, till de starkt förgrenade rhamnogalakturonan II (RG-II) och rhamnogalakturonan I (RG-I) delarna (figur hämtad från Zdunec et al. 2021).

Must som utvinns ur knappt mogna äpplen har i allmänhet en låg halt av lösligt pektin. Must från fullmogna äpplen tenderar att ha en högre halt vilket försvårar pressningen och minskar mustutbytet. Om pektin finns i cider kan det leda till defekter som klumpar och slöjor.

HUR UTFÖRS KLARNING GENOM ENZYMERING OCH SEDIMENTERING?

Vid klarning genom sedimentering bryts först pektinet ner med hjälp av enzym, vilket minskar juciens viskositet och gör att större partiklar i musten kan sedimentera. För att bryta ner pektinet tillsätts kommersiella enzym, i första hand pektinaser. Pektinaser består av flera naturliga enzymer (protopektinas, pektinesteras, pektinmetylsteras, polygalakturonas och pektinlyas) som bryter ned olika delar av pektinet. Olika pektinaser kan tillsättas efter sönderdelning före pressning (för att öka mustutbyte), vid pressningen eller efter pressning när tanken fyllts.

Hur länge enzymerna ska verka beror på både koncentration och temperatur. Med en enzymdos på 4 g/100 L är en normal behandlingstid 12 timmar vid 15°C eller 24 timmar vid 10°C. Ibland kan det vara nödvändigt att avvakta ett par dagar för att säkerställa maximal nedbrytning och sedimentering.

För att ge en än klarare must kan man också tillsätta klarningsmedel som bentonit och kitosan. Bentonit är en typ av lera med hög ytarea och negativ elektrisk laddning. När bentonit tillsätts i must attraherar och binder den positivt laddade partiklar, t.ex. proteiner och andra partiklar som finns i musten. Kitosan är en biopolymer som erhålls från kitin som produceras av *Aspergillus niger*. Kitosan har en positiv laddning, vilket gör att kitosan kan binda till negativt laddade partiklar som jästceller (t. ex. *Brettanomyces*), vissa negativt laddade proteiner, och andra fasta partiklar som finns i musten.

Ett typiskt doseringsintervall för bentonit vid cidertillverkning är cirka 1 till 2 gram per liter must. För bästa effekt är det viktigt att bentonit hydreras innan det tillsätts musten. För att hydrera bentonit

blandar man med vatten i förhållandet 1 del bentonit (vikt) till 10 delar vatten, och låter den uppslamma de bentoniten stå ett par timmar före användning. För att säkerställa en jämn fördelning tillsätts bentonit till musten under omrörning.

Kitosan tillsätts vanligen med 0.1–0.5 gram per liter must.

HUR UPPNÅS KLARNING GENOM PEKTINGELERING?

Klarning genom pektingelering sker genom att pektinet först demetyleras med hjälp av ett renframställt enzym, pektinmetylesteras (PME). PME är en typ av pektinas som också finns naturligt i äppelmust, och som kan tillsättas efter pressningen, vanligen i en koncentration på 70–100 ppm. PME klyver metylgrupper från pektinmolekylen (vilket också gör att små mängder metanol bildas i musten). Pektinet kan därefter reagera med både det kalcium som naturligt finns i musten eller tillsätts till den och bilda en gel. Innan tillsats kan ett kalciumtest göras för att avgöra om det finns behov av att tillsätta ytterligare kalcium. Vanligtvis tillsätts kalciumklorid (CaCl₂) 1–2 dagar efter enzymatisk behandling med en dos på 400–500 ppm (Jolicoeur 2013). Om fermenteringen har hunnit starta innan kalciumklorid tillsätts kan enzymer som produceras av jästen bryta ner pektinet ytterligare och omöjliggöra gelbildning. Om temperaturen är hög rekommenderas därför att kalciumklorid tillsätts redan vid fyllning av tanken.

Även mustens pH-värde påverkar möjligheten till klarning genom pektingelering och bör vara 3.5–3.7 – ej lägre. Om den totala syrahalten är högre än 3.0 g/L sker inte alltid gelbildning, och den sker nästan aldrig om den totala syrahalten är högre än 3.5 g/L. Detta beror sannolikt på att PME-aktiviteten minskar vid lågt pH, och att äppelsyra kan konkurrera med pektin om att binda kalcium (Le Quéré och Baudin 2014). Det är således inte möjligt att klarna must från mycket sura äppelsorter med hjälp av pektingelering. Det kan även vara svårt att klarna must från mycket omogna äpplen utan att tillsätta PME, eftersom halterna av enzymet är låga i omogen frukt.

Pektinhalten i musten är avgörande för en lyckad klarning genom pektingelering, och bör vara högre än 0.8%. I mycket omogna frukter finns pektiner i form av protopektiner, som inte kan extraheras till musten eller reagera med PME. I övermogen frukt kan pektinerna redan vara nedbrutna av i äpplet

befintliga enzymer, vilket också förhindrar gelbildning. Därför är fruktens mognadsstadium en viktig faktor för framgångsrik klarning genom gelyering. Pektinhalten i päron är ofta otillräcklig för att möjliggöra en lyckad klarning genom gelyering.

Vid klarning genom gelyering är det viktigt att temperaturen ligger under 12°C för att förhindra att fermenteringen kommer i gång för snabbt. En högre temperatur kan också göra att den malolaktiska fermentering (MLF) startar, vilket inte är önskvärt vid alltför högt pH. Vid en temperatur under 7°C kommer den enzymatiska processen som leder till gelbildning att ske mycket långsamt. En bra kompromiss är därför 8–10°C. Om man dessutom tillsätter lite sulfid i musten kan fermenteringen fördröjas, vilket gör att gelen hinner utvecklas ordentligt innan fermenteringen accelererar.

När fermenteringen långsamt kommer i gång, och koldioxid (CO₂) bildas, stiger gelen successivt i tanken till dess att den flyter. När gelen stiger fungerar den som ett klarningsmedel och fångar upp fasta och uppslammade partiklar i musten, även jästceller. Stigningsförloppet beror på temperaturen och tar normalt 3–5 dagar vid temperaturer mellan 10–12°C (Tabell 1). När gelen helt flyter bildar den ett mer eller mindre tjockt brunt lock (fr. *chapeu brun*), och den klara musten under locket kan tappas om till ett nytt kärl för vidare fermentering. Omtappning bör ske skyndsamt så att inte gelen bryts upp av koldioxid och skum som bildas när fermenteringen tar fart.

Tabell 1. Genomsnittlig tid för klarning genom pektingelering vid olika temperaturer. *Omrörning i kombination med höga temperaturer kan ge en alltför snabb fermentering, vilket minskar möjligheten att uppnå en helt klar must.

Temperatur must	Tid	Omrörning
15–17°C	12–24 timmar	Undvik omrörning*
13–15°C	24–48 timmar	Omrörning rekommenderas inte*
10–12°C	3–5 dagar	Kan röras om
7–10°C	1–2 veckor	Kan röras om
4–7°C	2–4 veckor	Kan röras om

Tabell 2. Jämförelse av klarning genom enzymering och sedimentering respektive klarning genom gelbildning, inklusive metodernas användning samt för- och nackdelar.

Metod	Hur och när	Fördel	Nackdel
Klarning enbart med hjälp av enzymer	<ul style="list-style-type: none"> Tillsätt en komplex blandning av enzym (pektinas) under eller efter pressningen Tappa om efter 12–24 timmar 	<ul style="list-style-type: none"> Enkel 	<ul style="list-style-type: none"> Ger kanske inte en helt klar must Must kommer att innehålla sediment Liten minskning av fermenterbart kväve
Klarning med hjälp av enzymer och klarningshjälpmedel	<ul style="list-style-type: none"> Tillsätt en komplex blandning av enzym (pektinas) under eller efter pressningen Tillsätt klarningshjälpmedel och eventuellt sulfid Tappa om efter 12–24 timmar 	<ul style="list-style-type: none"> Snabbare än klarning genom gelering Ger klarare must än vid enbart enzymering Minskar fermenterbart kväve något 	<ul style="list-style-type: none"> Ger kanske inte en helt klar must Dyrare än enbart enzymering om man också använder klarningshjälpmedel
Klarning med hjälp av PME och kalciumklorid	<ul style="list-style-type: none"> Tillsätt PME dag 1, kalciumklorid dag 2 och tappa om efter 4–8 dagar beroende på temperatur 	<ul style="list-style-type: none"> Kan ge en mycket klar must Minskar fermenterbart kväve mycket 	<ul style="list-style-type: none"> Tidskrävande Kräver temperatur under 12°C för att fungera optimalt Ger 20% förlust av must

Vid klarning genom gelering minskar den totala jästfloran med hälften till två tredjedelar. Eftersom kvävehaltiga ämnen utgör cirka 50% av jästcellerna kommer omtappning att avsevärt minska det fermenterbara kvävet i musten och därmed möjliggöra en långsammare fermentering än när must enbart klarnas genom enzymering och sedimentering. För att uppnå en riktigt långsam alkoholfermentering kan filtrering utföras efter en minskning av den specifika vikten med 5 enheter, vilket ytterligare kommer att minska kväveinnehållet och möjliggöra ett högre innehåll av restsötma i cidern. Vid storskalig produktion tillsätts PME i musttanken. När enzymet har verkat pumpas musten sedan in i en flotationstank där kalciumklorid och kvävgas injiceras varvid gel bildas och stiger till ytan. Denna process är betydligt snabbare än den traditionella klarningen men avlägsnar inte kväveföreningar lika effektivt eftersom jästen har kortare tid på sig att växa till.

Tabell 2 ger en översikt över klarningsmetoderna och där sammanfattas också deras för- och nackdelar.

LITTERATUR

Jolicoeur C. 2013. The new cider maker's handbook. Chelsea Green Publishing, Vermont, US. ISBN: 9781603584739.

Le Quéré and Bauduin. 2014. La clarification des moûts de pomme par gélification des pectines. http://www.ifpc.eu/fileadmin/users/ifpc/infos_techniques/Art_RPAC_clarif_des_mouts.pdf

Scott Laboratories. 2024. 2024–2025 Cidermaking handbook. <https://scottlab.com/content/files/documents/scott-2024-cider-hb-web.pdf>

Zdunek et al. 2021. The primary, secondary and structures of higher levels of pectin polysaccharides. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12689>

Detta faktablad har utarbetats inom Leader-projektet "Östra Skåne – ett nav för svensk cidertillverkning".

© Författare: Francois-Jan Raimbaud, [fj.raimbaud@gmail.com], Saint-Pierre-En-Auge, Normandie, Frankrike; Brent Miles-Wagner, [brent@brownhatconsulting.com], Brown Hat Consulting, USA och Sverige; Kimmo Rumpunen, [kimmo.rumpunen@slu.se], Institutionen för Växtförädling, SLU, Alnarp, Sverige.

Översättning och bearbetning av engelsk förlaga: Kimmo Rumpunen, [kimmo.rumpunen@slu.se], Institutionen för Växtförädling, SLU Alnarp, Sverige.

Projektägare och utgivare: Svenska Must- och Ciderproducenter, Kivik.

Projektet har finansierats genom offentliga medel från Leader Skånes Ess (Nr. 2022-3404), Leader Sydöstra Skåne (Nr. 2022-3390) och SLU, samt medel från Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling.

