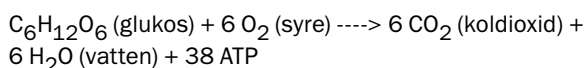


Fermentering, potentiell alkoholhalt och val av jäst

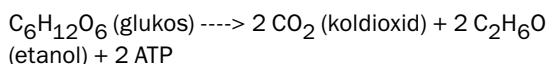
Detta faktablad beskriver vad alkoholfermentering är, hur potentiell alkoholhalt kan beräknas, vilken jäst som vanligtvis används vid cidertillverkning och hur fermenteringsprocessen kan påverkas för att uppnå önskad kvalitet hos cider.

VAD ÄR ALKOHOLFERMENTERING?

Biokemiskt sett är alkoholfermentering jästcellers produktion av energi och etanol från socker i frånvaro av syre. Jäst kan leva under både aeroba förhållanden (närvaro av syre) och anaeroba förhållanden (frånvaro av syre). Under aeroba förhållanden växer och förökar sig jästen snabbt och omvandlar med hjälp av syre (O_2) glukos ($C_6H_{12}O_6$) till koldioxid (CO_2) och vatten (H_2O) samtidigt som en stor mängd energi (ATP) produceras. Processen kallas aerob cellandning. Detta sker vid den initiala ciderverfermenteringen och märks som gas- och värmeutveckling. Kemiskt kan aerob cellandning förenklat sammanfattas genom formeln:



Under anaeroba förhållanden omvandlas glukos i stället till koldioxid och etanol (C_2H_6O), samtidigt som en mindre mängd energi bildas. Processen kallas anaerob cellandning. Detta sker när ciderverfermenteringen fortgår med jäslock. Kemiskt kan anaerob cellandning sammanfattas genom formeln:



Vid fullständig alkoholfermentering ger därför en glukosmolekyl två etanolmolekyler och två koldioxidmolekyler. Detta innebär att 180 g glukos (= 1 mol, molekylvikt = 180.1 g/mol) omvandlas till 92 g etanol (= 2 mol, molekylvikt = 46.1 g/mol) och 88 g CO_2 (= 2 mol, molekylvikt = 44.0 g/mol). I verkligheten är dock utbytet av etanol och koldioxid vanligtvis lägre eftersom jäst också använder glukos för tillväxt, och olika jäststammar är olika effektiva när det gäller att producera etanol. Under fermenteringsprocessen bildar jästcellerna dessutom olika flyktiga organiska föreningar genom sin kol- och kvävet metabolism.

HUR KAN MAN BERÄKNA DEN POTENTIELLA ALKOHOLHALTEN FÖR CIDER?

Det finns flera olika formler som kan användas för att beräkna den potentiella alkoholhalten som cider kan få vid fermentering av äppelmust. Formlerna baseras på praktiska erfarenheter.

Den potentiella alkoholen (A_p) angivet som volymprocent alkohol (% ABV, eng. *alcohol by volume*) kan approximativt (enligt Warcollier 1928, citerad av Jolicoeur 2013) beräknas med hjälp av formeln:

$$A_p \text{ (% ABV)} = 0.06 * \text{mängden jäsbar socker (g/L)}$$

Detta överensstämmer med Bauduin (2006), som observerade att för äppelmust som jäsas till cider krävs i genomsnitt cirka 17 g/L socker för att producera 1% ABV (mätt vid 20°C), dvs:

$$A_p \text{ (% ABV)} \approx \text{mängden jäsbar socker} / 17$$

Båda formlerna kräver att mängden jäsbar socker är känd. Som jämförelse kräver vin endast 16–16.5 g/L för att producera samma mängd alkohol.

Beräkningar av den potentiella alkoholhalten i cider kan också göras utgående från Brix-värdet ($^{\circ}Bx$) eller den specifika vikten (eng. *specific gravity*, SG, $^{\circ}SG$) hos äppelmust med hjälp av formlerna:

$$A_p \text{ (% ABV)} \approx ^{\circ}Bx / 2 \text{ eller } A_p \text{ (% ABV)} \approx (SG - 1) / 8 = ^{\circ}SG / 8$$

För mer exakt beräkning av den potentiella alkoholhalten kan alternativt formeln nedan användas:

$$Ap (\% \text{ ABV}) = 127.8 * (SG-1)$$

Denna formel baseras på genomsnittliga data vid fermentering av ett stort antal sorter av dessert- och cideräpplen (Jolicoeur 2013).

En formel för beräkning av den potentiella alkoholhalten baserad på genomsnittliga data enbart för franska cideräpplen (Bohuon et al. 1991) är istället:

$$Ap (\% \text{ ABV}) = 130.6 * (SG-1)$$

Erfarenhetsmässigt kan man räkna med att en minskning av den specifika vikten med 1 punkt (1 grad) i en liter cider motsvarar förbrukning av cirka 2 gram socker och resulterar i produktion av cirka 1 gram koldioxid och 1 gram etanol.

VAD ÄR JÄST?

Jäst är encelliga mikroorganismer som har en tydligt avgränsad cellkärna och vanligtvis är mellan 3 och 4 µm stora men kan vara upp till 40 µm. Jästceller kan observeras med hjälp av ett mikroskop med 400 gångers förstoring. Jäst är svampar som förökar sig genom celledelning och sporulering. Jästsporer förekommer i luften och jästceller finns både på och i frukt. Ett cideri kommer med tiden att kolonieras med en egen lokal jästflora på pressutrustning, väggar, tak och andra ytor. Jästfloran överförs sedan till den must som pressas i lokalen.

Jästens tillväxt påverkas starkt av den omgivande miljön. Jästens tillväxt, och därmed fermenteringens hastighet, beror framför allt på temperaturen. Jästsvampar är mycket aktiva mellan 15 och 25°C men växer till mycket långsamt vid låga temperaturer (2 till 4°C). Vid dessa temperaturer kan fermenteringen tillfälligt stanna av, för att sedan starta igen om temperaturen stiger. Redan vid cirka 8–10°C sker fermenteringen långsamt, vilket möjliggör bättre kontroll av fermenteringsprocessen, och cidern tenderar att utveckla en rik, och fruktig, doft och smak. Ju större jästpopulationen är desto snabbare sker fermenteringen vid en och samma temperatur (Bauduin 2006).

Cidermakaren har några betydelsefulla val att göra när det gäller jäst och andra mikroorganismer som har betydelse för ciderkvaliteten. Ska tillverkningen ske med hjälp av den lokala mikrofloran som består av både jäst och bakterier eller ska utvalda ren-

odlade kommersiella jäststammar användas? Ska musten steriliseras innan jästen tillsätts eller ska mikrofloran bara reduceras, och hur skall det i så fall göras?

FERMENTERING MED VILDJÄST

Den vilda mikrofloran som förekommer lokalt, och är den som traditionellt har använts vid fermentering av cider, kallas även naturlig, inhemsk, ursprunglig eller spontan. Mångfalden i den lokala mikrofloran av jäst och bakterier som hittats vid ciderproduktion är mycket stor (Cousin et al. 2017). I en studie genomförd av franska forskningsinstitut (IFPC, INRA, ARAC m.fl.) hittades 500 stammar av jästarter i ciderier i Bretagne och Normandie (Michel et al. 1988), och 560 stammar av olika jästarter hittades i en annan studie i ciderier i Asturien, Spanien (Cabranes et al. 1990). Även nya undersökningar från Normandie bekräftar mångfalden hos mikrofloran vid ciderfermentering. Hos fyra undersökta ciderier identifierades 40 bakteriesläkten, 48 svampsläkten, 30 bakteriearter och 82 svamparter vid fermentering av cider inför destillering (Misery et al. 2021). Var och en av dessa arter och stammar har unika egenskaper som anpassning till olika miljöer (temperatur, alkoholtolerans, sulfittolerans, näringsbehov), förekomst vid olika fermenteringsstadier, och mer eller mindre unika effekter på ciderkvalitet (arom, smak, kropp). Nedan ges en översikt över de tre viktigaste jästgrupperna för cidertillverkning: apikulär jäst, *Saccharomyces* jäst och förskämningjäst.

APIKULÄR JÄST

Hela 75 % av all vildjäst utgörs av den apikulära jästgruppen (Jolicoeur 2016). Apikulär jäst kallas också startjäst eftersom jästsvamparna tillväxer snabbt och är de första mikroorganismerna som växer till vid spontan fermentering (Bauduin et al. 2012). En av de viktigaste arterna i denna grupp är *Hanseniaspora valbyensis*, även känd som *Kloeckera apiculata* i sitt asexuella stadium, därav apikulär jäst. *H. valbyensis* anses vara särskilt viktig för arom i cider på grund av sin produktion av fruktiga estrar som t.ex. isoamylacetat (Bauduin et al. 2012). Det finns även andra jästarter i denna grupp. Bland de mer välkända är *Metschnikowia pulcherrima* (asexuellt stadium *Candida pulcherrima*) och *Torulaspora delbrueckii* (asexuellt stadium *Candida colliculosa*).

Gemensamt för de apikulära jästsvamparna är att de har en låg alkoholtolerans. De dör när alkoholhalten

når mellan 2 och 4%. De är också känsliga för sulfiter. I äppelmust hämmas eller till och med dödas de flesta vid sulfittillsatser över 50 ppm (Bauduin et al. 2012). Deras fermenteringseffektivitet är lägre än hos olika *Saccharomyces*-arter som beskrivs nedan. Vid samma mängd socker producerar de cirka 20% mindre mängd alkohol (Jolicoeur 2013).

SACCHAROMYCES JÄST

Saccharomyces är den viktigaste jästgruppen när det gäller att genomföra och slutföra alkoholfermenteringen. Det finns åtta olika *Saccharomyces*-arter (Alsammar och Delneri 2020). I vin är *Saccharomyces cerevisiae* dominerande, medan *Saccharomyces uvarum* dominerar vid spontan ciderfermentering (Bauduin 2006), förmodligen på grund av dess tolerans för lägre temperatur som ofta används vid cidertillverkning. Förutom sin utmärkta fermenteringskapacitet har flertalet *Saccharomyces*-stammar en hög tolerans för sulfiter, normala doser dödar dem inte, och en god alkoholtolerans. Många stammar klarar upp till 12% ABV, och vissa klarar ännu mer under goda förhållanden. *Saccharomyces* kan förekomma i små mängder på skalet och inuti äpplet, men vanligtvis är det sporer som finns i själva cideriet som utgör källa till inokulum vid vildjäsning.

FÖRSKÄMNINGSJÄST

Arter inom förskämningstästgruppen bör om möjligt förhindras att tillväxa vid cidertillverkning. Bland dem finns arter som bildar jästfilm, särskilt *Pichia*-arter och *Candida*-arter (Lorenzi et al. 2023), samt *Brettanomyces*-arter (benämns *Dekkera*-arter som sexuellt stadium) som kan ge en starkt negativ inverkan på aromen (Guichard et al. 2019). *Brettanomyces*-arter tål högre alkoholhalt och näringsbrist, och kan därför ge problem även i slutfasen av fermenteringen. De flesta förskämningstästarter kräver dock syre för att växa till. Det är därför viktigt att använda vattenlås och förhindra kontaminering och tillväxt av förskämningstäst genom fermentering vid låg temperatur, mikrofiltrering, pastörisering och/eller sulfittillsats.

FERMENTERINGSFÖRLOPPET VID VILDJÄSNING

Beroende på mustkvalitet, t. ex. turbiditet och näringsinnehåll, och fermenteringsförhållanden, t. ex. temperatur, tar det från några timmar till några dagar för de apikulära vildjästsvamparna att börja fermentera. De ersätts snart av *Saccharomyces*.

Tidigare trodde man att etanolfermenteringen innebar en konkurrens enbart mellan olika jästarter. Idag vet vi dock att fermenteringsprocessen involverar aktivitet från många olika stammar inom varje art (se t. ex. Comitini et al. 2021). I denna mångfald av jäststammar framträder ibland en eller två dominerande arter och stammar av *Saccharomyces*, medan andra bara är aktiva i några få dagar och alltid i små mängder. Varje stam, även om den bara är verksam under en kort tid, bidrar med sin unika smak- och doftegenskaper till ciderns komplexitet (Jolicoeur 2016).

Cider som fermenterats av vildjäst är i allmänhet mycket mer komplex än cider tillverkad med kulturjäst, men har ibland mindre ren arom (Misery et al. 2021). Smakegenskaperna hos vildjäst cider är av naturen mindre förutsägbara. De är beroende av fermenteringsförhållandena och de jäststammar som växer till, och vildjäsning kan resultera i stora skillnader från en batch till nästa. Vildjäsning är dock fortfarande den metod som huvudsakligen används i de flesta hantverks- och gårdsciderier i Frankrike, Spanien och Storbritannien.

KONTROLLERAD VILDJÄSNING

För en mer kontrollerad vildjäsning kan bakterier och en stor del av förskämningstästen reduceras eller elimineras genom att använda en liten mängd sulfit i musten (baserat på pH, temperatur och fruktens kvalitet). *Saccharomyces*-arter påverkas i stort sett inte av en låg dos sulfit och kan därför genomföra den huvudsakliga fermenteringen även efter svavling. Sulfit kan därför användas för att selektivt dra nytta av den komplexa arom som olika vilda *Saccharomyces*-arter och stammar kan bidra med. Sulfittillsatsen tenderar dock att fördröja fermenteringens start.

En annan metod är att genom sterilfiltrering av musten först avlägsna oönskade mikroorganismer och därefter tillsätta en beprövad startkultur från vildjäst cider (fr. *ped de cuve*). Fördelen med denna metod är att fermenteringen startar snabbare. Det kan dock vara besvärligt att sterilfiltrera musten, och slutresultatet av fermenteringen avgörs av kvaliteten på *ped de cuve*. Jästfloran kan inte heller reproduceras fullt ut mellan olika batcher, och därför kan en jämn ciderkvalitet inte heller garanteras. Det är dock möjligt att ”rena” *ped de cuve* genom att tillsätta lite sulfit, på samma sätt som med metoden ovan, men då förlorar man dess mikrobiella mångfald och en del av syftet (Lucas et al. 2018).

FERMENTERING MED RENODLAD KULTURJÄST

Ett stort antal jäststammar har isolerats och säljs kommersiellt som torrjäst (eng. *active dry yeast*, ADY) eller i flytande form. Dessa stammar har i allmänhet isolerats från vin, en del från öl och mer sällan från cider.

Den största fördelen med att använda noggrant utvalda och renodlade jäststammar är deras förmåga att ge stabila egenskaper i liknande cidertyper, vilket garanterar en tillförlitlig fermentering och en konsekvent smakprofil. De viktigaste egenskaperna hos dessa jäststammar är väl dokumenterade, och tekniska datablad kan enkelt fås från kommersiella jästleverantörer. Dessa datablad innehåller vanligtvis information om:

- **Taxonomi.** Dvs vad det är för jäst-art och -stam. De flesta kommersiella jäststammarna kommer från *Saccharomyces cerevisiae* och *S. bayanus*. *S. bayanus* är mycket tolerant mot höga alkoholvärden och betraktas ofta som en jäst som avslutar fermenteringen. Det finns också kulturjäst av *Saccharomyces uvarum*, varav en del isolerats från cider. På senare år har även stammar av andra arter än *Saccharomyces*, t.ex. *Lachancea thermotolerans*, *Metschnikowia pulcherrima* och *Torulaspora delbrueckii*, blivit tillgängliga. De är tänkta att användas vid saminokulering. De kan komplettera *Saccharomyces* och kan öka aromkomplexiteten i slutprodukten (Zott 2009, Zott et al. 2019).
- **Sensorisk påverkan.** Olika jästarter och jäststammar kan bidra med neutrala, fruktiga eller blommiga aromer och kan också ha en inverkan på munkänslan.
- **Produktion av SO₂.** Vissa stammar producerar icke försumbara mängder SO₂, upp till 30 ppm beroende på fermenteringsförhållandena (Jolicoeur 2016). Detta måste tas hänsyn till vid beräkning och dosering av SO₂ för att undvika att tillåtna gränser överskrids.
- **Konkurrensfaktor.** Vissa stammar producerar toxiner som begränsar tillväxten av andra konkurrerande jäststammar. Jästen anses vara positiv (+) om den innehåller "mördar"-toxiner (eng. *killer toxins*) eller neutral om den inte producerar dessa ämnen. Toxinerna påverkar endast andra jäststammar och är inte antibakteriella.
- **Temperatur.** Rekommenderat temperaturområde för fermentering.
- **Fermenteringshastighet.**

- **Alkohol- och SO₂ tolerans.** Detta avser den maximala mängden alkohol eller SO₂ under vilken en jäststam kan överleva och tillväxa normalt.

- **Kvävebehov.**

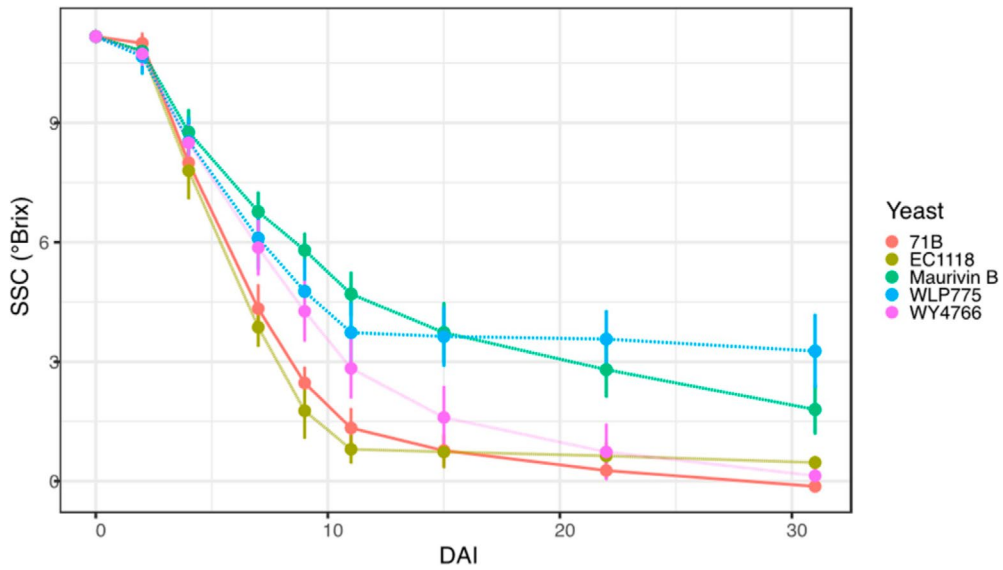
- **Produktion av vätesulfid (H₂S).** Detta är en oönskad reduktionsprodukt med lukt av ruttna ägg som en viss jäststam kan ge upphov till i mindre eller högre grad.

- **Metabolisering av äppelsyra.** De flesta jäststammar tenderar att sänka pH, men vissa kan metabolisera äppelsyra och därmed ha motsatt effekt. De kallas ibland för avsyrande. Den senare egenskapen är mycket intressant när musten är surare än önskvärt.

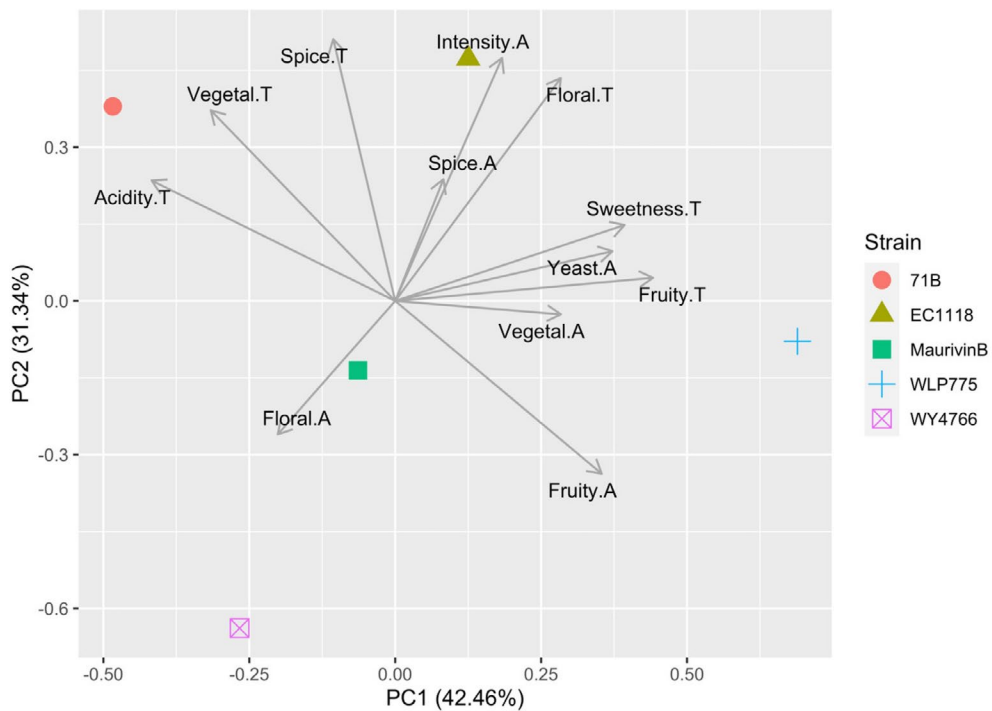
- **Flockningsförmåga.** Jäst anses flockulera när den har förmågan att fälla ut i stora klumpar vid avslutad fermentering. Denna egenskap underlättar tillverkning av mousserande cider med den traditionella metoden. Ett tjockt jästsediment som inte avlägsnas kan vid jäsning av cider på flaska leda till överskumning och i detta fall kan icke-flockulerande jäst vara mer lämplig att använda.

Betydelsen av valet av jäststam för fermenteringsprocessen och den upplevda kvaliteten på cider illustreras i figurerna 1 och 2. Fem kommersiella jäststammar utvärderades vid ciderfermentering av must från ätapplesorten "Wodarz" (Wang et al. 2024): tre vinjäster (EC1118, Maurivin B och 71B) och två ciderjäster (WLP775 och WY4766). Både fermenteringshastighet, förmåga till utjäsning, aromprofil och grundsmaker varierade beroende på jäststam. Av dessa gav EC1118, en vanligt förekommande vinjäststam av *S. bayanus* som också används för ciderfermentering, den starkaste aromintensiteten, medan WLP775, en vanligt förekommande engelsk ciderjäststam av *S. cerevisiae*, gav en mycket kraftig fruktig smak.

För att dra full nytta av renodlade kommersiella jäststammar, och få en snabb start av fermenteringen utan konkurrens från vildjäst, är det vanligt att först klarna och sedan sterilfiltrera musten, eller tillsätta sulfit i hög dos 24–48 timmar före inokuleringen. Att tillsätta sulfit är vanligt både vid större produktion och vid hantverksmässig tillverkning eftersom metoden ger ett tämligen uppreparbart resultat och inte kräver sterilfiltreringsutrustning. Fermentering med enbart en renodlad jäst kan dock leda till en något endimensionell cider. Saminokulering med icke-*Saccharomyces*-jäst kan dock förbättra kvaliteten.



Figur 1. Förändringar i löslig torrsubstans vid fermentering av äppelmust med fem olika jäststammar. DAI = dagar efter inokulering (Wang et al. 2024). Både fermenteringshastighet och förmåga till utjämsning varierar beroende på jäststam.



Figur 2. Principalkomponentanalys (PCA) av de doft- och smakegenskaper som uppfattades vid sensorisk analys av en och samma äppelmust som fermenterats med olika jäststammar. A = aromegenskaper; T = smakegenskaper (Wang et al. 2024). Figuren visar att olika jäststammar i olika grad associeras med olika arom- och smakegenskaper.

Det är också möjligt att inokulera en icke-behandlad must med renodlad jäst vid fermenteringens start. Metoden ger möjlighet att tillverka en mer ”naturlig” cider med komplexare smakprofil, eftersom den spontana floran av apikulär jäst först kan utvecklas, samtidigt som den utvalda renodlade jäststammen också har en stor möjlighet att växa till och så småningom kan ta över fermenteringen. Alternativt kan man låta startjästen helt avsluta sin fermentering innan kulturjäst tillsätts. Dessa metoder ger inte samma kontroll som om musten först pastöriseras, sterilfiltreras eller tillsätts sulfid eftersom förskämningssjäst och bakterier inte elimineras. Det är dock fortfarande möjligt att tillsätta sulfid vid slutet av fermenteringen för att skydda cidern mot bakterier och icke önskvärda alkoholtoleranta jäststammar under mognadsperioden (Jolicoeur 2016).

FERMENTERING MED TORR ELLER FLYTANDE KULTURJÄST

Torr kulturjäst

Renodlad kulturjäst säljs oftast i torr form och det finns många olika förpackningsstorlekar. Torrjäst är ofta billigare än flytande jäst och den håller länge, ofta 2 år om förpackningen inte öppnas. Även efter öppnandet håller sig torrjäst bra om förpackningen återförsluts, helst med vakuumpackning, och sedan förvaras på en torr och sval plats.

Torrjäst måste rehydreras enligt tillverkarens anvisningar före användning. Vanligtvis rehydreras icke-*Saccharomyces*-jäst vid lägre temperatur än *Saccharomyces*-jäst. Rehydrering av *Saccharomyces*-jäst kan ske i vatten med eller utan socker och jästnäring, eller i utspädd must, under 20–30 minuter. Utan socker och jästnäring bör vattentemperaturen initialt vara 40°C och volymen bör vara 10 gånger vikten av torrjästen.

Rehydrering i sockerlösning sker vanligtvis med 50 g sackaros per liter vatten. Rehydrering med must sker med hälften must och hälften vatten, dvs en 50% must. I båda fallen bör temperaturen vara 35–40°C.

För att förhindra att jästen dör vid inokulering på grund av temperaturchock tillsätts först successivt små mängder must till den rehydrerade kulturjästen. Detta steg kallas temperering. När temperaturskillnaden mellan musten och den rehydrerade kulturjästen är mindre än 10°C kan hela jästkulturen hållas i jästanken under omrörning.

Flytande kulturjäst

Flytande jäst förvaras i kylskåp och har kortare hållbarhet än torrjäst. Den hålls direkt i jästanken om temperaturskillnaden är mindre än 10°C. Annars bör den först värmas upp innan den blandas i, alternativt bör musten i jästanken kylas. Flytande jäst kan innehålla icke försumbara mängder kväve.

Eftersom jäststammar normalt har isolerats och renodlats från (och för) vin eller öl, är deras aktivitet i äppelmust ofta annorlunda, särskilt när det gäller deras potential att bilda olika aromer (Bauduin et al. 2012, 2019). Innan fermentering görs i full skal rekommenderas därför mindre fermenteringsförsök.

VARFÖR ÄR NÄRINGSÄMNINGEN VIKTIGA?

För att jästceller ska kunna föröka sig, växa till och fermentera behöver de olika näringsämnen. Bland dessa näringsämnen är olika kväveföreningar särskilt viktiga för jäskarheten (eng. *fermentability*). Jäskarhet beskriver i vilken grad mikroorganismer, som exempelvis jäst eller bakterier, kan växa till genom att omvandla socker och andra organiska ämnen till alkohol, syror, eller gaser.

Äpple har relativt låg totalhalt av kväveföreningar (lägre än i vindruvor), därför är mängden fermenterbart kväve (YAN) ofta låg i äppelmust. I äppelmust finns YAN mest i form av olika aminosyror (Bauduin et al. 2006). Om det finns ett överskott av andra näringsämnen kommer fermenteringsprocessen att fortsätta till dess att allt kväve har förbrukats, sedan avstannar processen på grund av kvävebrist. Kväve sägs då vara den begränsande faktorn.

Forskning som utförts i Frankrike (IFPC, INRA, ARAC och Chambres d’Agriculture) visar att mängden YAN i äppelmust varierar mycket beroende på äppelsort, odlingens ålder, år, och i mindre utsträckning även beroende på skötselmetoder (kvävegödsel), mognadsgrad och metod för klarning av musten.

Beroende på vilken typ av cider som ska tillverkas kan ett lågt innehåll av YAN i äppelmust hanteras på två olika sätt: antingen genom att 1) sätta till YAN till musten före och under fermenteringen för att kunna nå en full utjäsning och därmed kunna tillverka en torr cider, eller genom att 2) avstå från att sätta till YAN för att i stället låta fermenteringen stanna av när kvävet är förbrukat och tillverka en cider med hög restsötma. Det är därför mycket viktigt att känna till YAN-innehållet i äppelmust inför beslut om fermentering.

Syre behövs också för celldelning, t. ex. för att jästceller ska kunna tillverka steroler som behövs för att stabilisera cellernas membran. När det finns lite syre eller vid syrefria förhållanden kan tillsats av steroler och omättade fettsyror göra att jäst ändå kan växa till. Detta eftersom dessa ämnen då kan tas upp direkt, vilket gör att cellerna inte behöver tillverka dem själva. Om varken syre eller steroler finns tillgängliga i musten kan jästcellerna inte växa till. Andra näringsämnen, t. ex. olika vitaminer, behövs också för celltillväxt och fermentering men i mycket små mängder.

VILKA KVÄVERIKA NÄRINGSÄMNINGEN KAN TILLSÄTTAS VID CIDERTILLVERKNING?

Genom att sätta till olika kväverika näringsämnen är syftet att främja tillväxt och utveckling av en stark jästpopulation som fermenterar utan att bli stressad. Fermenteringen riskerar då inte att stanna av i förtid och risken för att icke önskvärda svavelföreningar som t. ex. vätesulfid bildas är låg. Målet med att tillsätta olika näringsämnen är därför att säkerställa en förutsägbar fermenteringsprocess som kan ge en helt torr cider med upprepbar kvalitet. Denna strategi används ofta vid modern cidertillverkning. Vanligen utgår man då ifrån en sterilfiltrerad must och tillsätter sedan renodlad kulturjäst.

Behovet av olika näringsämnen för fermenteringen bestäms efter mätning av mustens innehåll av socker och YAN, och anpassas efter den valda jäststammens behov. Näringsämnen bör om möjligt tillföras i omgångar t. ex. vid rehydrering och inokulering, efter att fermenteringen kommit i gång och socker förbrukats motsvarande 2–3 Brix, samt när en tredjedel av tillgängligt socker förbrukats. För varje omgång är det bra att göra upp en plan för hur mycket och när jästnäringen ska tillsättas. (se t.ex. Scottlab 2024, p.39). YAN tillförs vanligen via komplexa näringsämnen med eller utan oorganiskt kväve:

Kvävehaltiga näringsämnen som innehåller diammoniumfosfat (DAP)

- DAP är ofta en komponent i komplexa näringsämnen, t. ex. Fermaid K, som också innehåller organiskt kväve, vitaminer (t.ex. tiamin eller vitamin B1) och inaktiverad jäst.
- DAP är ett mineral i form av ett vitt vattenlösligt salt. 21% av DAP:s massa är YAN.
- Två andra liknande föreningar används mindre ofta: ammoniumfosfat (28% YAN) och ammoniumsulfat (21% YAN).

- DAP innehåller endast oorganiskt kväve som är omedelbart tillgängligt för jästcellerna och kan därför orsaka värmetoppar på grund av en plötslig ökning av jästaktiviteten. DAP rekommenderas sällan som enda kvävekälla, förutom till must med mycket låg kvävehalt. Tillsättning bör då ske när fermenteringen kommit en tredjedel eller halvvägs, och efter att andra mer komplexa näringsämnen redan har satts till.

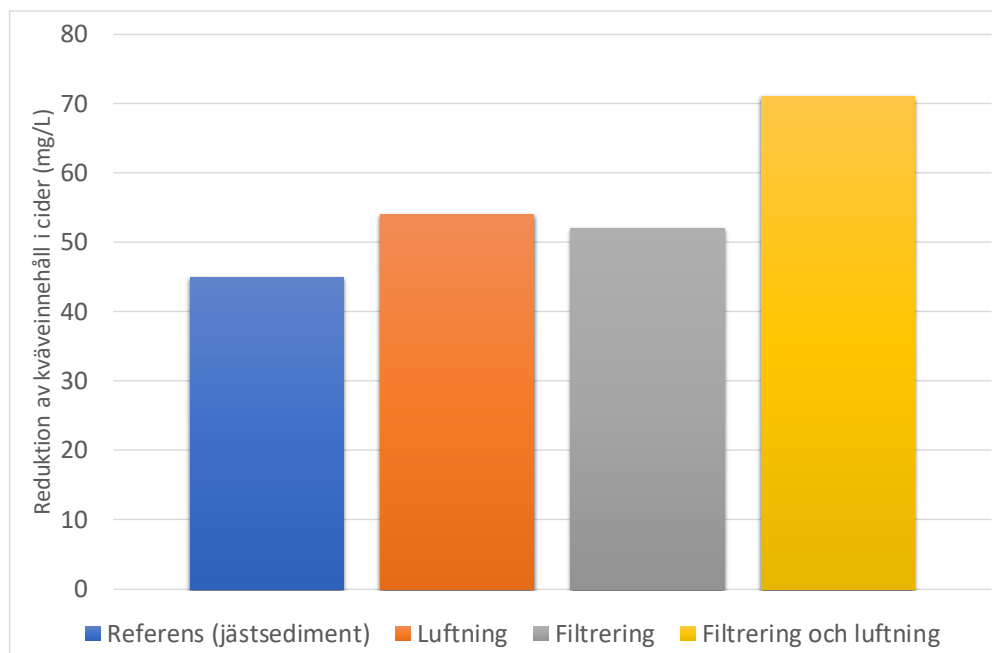
Organiska näringsämnen som inte innehåller DAP

- Dessa näringsämnen innehåller blandningar av inaktiverade och döda jästceller som frigör kväve i organisk form (som aminosyror) och innehåller också andra föreningar från jästcellerna som främjar fermenteringen (t. ex. vitaminer). Fermaid O är ett kommersiellt exempel på denna typ av jästnäring.

HUR KAN KVÄVEHALTEN MINSKAS VID BEHOV?

Genom att reducera mängden YAN skapas minimala förhållanden för jästens tillväxt och överlevnad så att fermenteringen kan ske långsamt. Inga näringsämnen tillsätts och olika tekniker används för att minska mängden jästceller (och därmed innehållet av YAN), inför och under fermenteringen. Detta är en strategi som vanligen används vid traditionell cidertillverkning i Frankrike som ofta sker med hjälp av vildjäst. Cider som produceras på detta sätt får rikare, mer komplex och fruktig smak, samt restsötma, men fermenteringsprocessen och slutresultatet är mindre förutsägbart. Att välja detta tillvägagångssätt innebär att man styr fermenteringsprocessen genom att minska jästpopulationen genom successiva omtappningar. Dessa görs ofta i kombination med filtrering eller centrifugering. Varje cykel av fermentering och omtappning reducerar kväve motsvarande den mängd som absorberats av jästen som avlägsnas (Bauduin et al. 2006). Om man strävar efter kväveutarmning ökar dock risken för att reduktionsaromer bildas, särskilt vätesulfid.

Undersökningar som genomförts i Frankrike (IFPC, INRA, ARAC m.fl.) på cider som framställs med den traditionella metoden visar att en kombination av luftning och filtrering kan minska kvävenivåerna med 71 mg/L jämfört med 45 mg/L om fermenteringen sker utan luftning och enbart den jästbiomassa som sedimenterat bortförs (Figur 3). Rekommendationerna för åtgärder vid olika nivåer av totalkväve och YAN redovisas i Tabell 1 och gäller för en must med en genomsnittlig specifik vikt på 1.050 – 1.055. Vid låga kvävenivåer rekommenderas ingen åtgärd, vid mycket höga nivåer är det inte möjligt att uppnå kvävebrist och allt socker förbrukas vid fermenteringen.



Figur 3. Minskning av kväveinnehållet genom olika åtgärder för cider som fermenterats med den ursprungliga metoden. I referensen har minskningen skett enbart med hjälp av jäst. I övriga behandlingar har minskningen åstadkommit också genom luftning och/eller filtrering (figur baserad på data från IFPC).

Tabell 1. Rekommendationer på åtgärder som syftar till att minska kvävenivåerna i cider under fermentering för att uppnå långsam fermentering och restsötma. Åtgärderna varierar beroende på total kvävehalt och jäsbart kväve (YAN) och kan användas för en äppelmust med en genomsnittlig specifik vikt på 1.050 – 1.055 vid start av fermentering.

Nivå total kvävehalt i must	Mängd totalt kväve (ppm)	Mängd jäsbart kväve YAN (ppm)	Förhållande specifik vikt och jäsbart kväve: $(1.050 \times 1000) / \text{YAN}$	Rekommendationer
Låg	<65	<38	>28	<ul style="list-style-type: none"> Ingen åtgärd, ev åtgärd skulle kunna riskera att fermenteringen stannar av
Medium	65–100	38–53	20–28	<ul style="list-style-type: none"> Kräver luftning/omtappning en till två gånger i början av fermenteringen
Hög	>100	>53	<20	<ul style="list-style-type: none"> Kräver frekvent luftning/omtappning i början och under fermenteringen
Mycket hög	>140	>69	<15	<ul style="list-style-type: none"> Praktiskt taget omöjligt att uppnå kvävebrist utan att allt socker konsumeras. I detta läge gäller det att fundera kring tillverkning av andra cidertyper.

LITTERATUR

- Alsammar and Delneri. 2020. An update on the diversity, ecology and biogeography of the *Saccharomyces* genus. <https://doi.org/10.1093/femsyr/foaa013>
- Bauduin R. 2006. Guide de la fabrication du cidre. CTPC, Sées, 70 p.
- Bauduin et al. 2012. Les arômes des cidres. http://www.ifpc.eu/fileadmin/users/ifpc/infos_techniques/Art_aromes_1_2012_site_internet.pdf
- Bauduin et al. 2019. Maîtrise de la qualité et innovation organoleptique des produits cidricoles: retour sur les entretiens cidricoles au SIVAL 2019. <https://rd-agri.fr/rest/content/getFile/60ff069c-043d-4a6c-91a5-a10429a1b262/Art%20tech%20RPAC%2049.pdf>
- Bohuon et al. 1991. Note sur la détermination de l'extrait sec total de cidre. Cahier scientifique et technique IAA 108:349–354.
- Cabranes et al. 1990. Dynamics of yeast populations during cider fermentation in the Asturian region of Spain. *Applied and environmental microbiology*, 56:3881-3884.
- Comitini et al. 2021. Yeast interactions and molecular mechanisms in wine fermentation: A comprehensive review. <https://doi.org/10.3390/ijms22147754>
- Cousin et al. 2017. Microorganisms in fermented apple beverages: Current Knowledge and Future Directions. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030039>
- Guichard et al. 2019. *Brettanomyces anomalus*, a double drawback for cider aroma. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.033>
- Jolicoeur C. 2013. The new cider maker's handbook. Chelsea Green Publishing, Vermont, US. ISBN: 9781603584739.
- Jolicoeur C. 2016. Du pommier au cidre: Manuel de cidrerie pour l'amateur et l'artisan. 400p. ISBN: 9782812610431.
- Lorenzi et al. 2023. Effects of film-forming *Pichia* and *Candida* yeasts on cider and wine as post-fermentation contaminants. <https://doi.org/10.1093/lambio/ovad099>
- Lucas et al. 2018. Des outils pour fiabiliser les fermentations des vins et cidres biologiques en utilisant les levures et bactéries indigènes. <https://hal.science/hal-01836004>
- Misery et al. 2021. Diversity and dynamics of bacterial and fungal communities in cider for distillation. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108987>
- Michel et al. 1988. Flora levurienne présente dans les cidreries de l'ouest de la France. *Sciences des aliments*, 8:359–368.
- Scott Laboratories. 2024–2025 Cider making handbook. <https://scottlab.com/content/files/documents/scott-2024-cider-hb-web.pdf>
- Wang et al. 2024. The Influence of yeast strain on the chemical, chromatic, and sensory characteristics of 'Wodarz' apple cider. <https://doi.org/10.3390/app14114851>
- Zott K. 2009. Les levures non-Saccharomyces: dynamique, caractérisation et interaction avec *Saccharomyces* durant les étapes pré-fermentaires et la fermentation alcoolique. https://academie-amorim.com/wp-content/uploads/2018/03/2009_la_lien_13_ouvragekzott.pdf
- Zott et al. 2019. Les levures non saccharomyces: Intérêt en oenologie. <https://www.vignevin-occitanie.com/wp-content/uploads/2018/11/Levures-non-saccharomyces-Zott.pdf>

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

© 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.

