

Analysmetoder för frukt och must vid tillverkning av cider

Detta faktablad ger en översikt över viktiga frukt- och mustegenskaper hos äpple sett ur ett cidertillverkningsperspektiv, samt definitioner och relevanta analysmetoder för dessa egenskaper.

VAD BESTÅR ETT ÄPPLE AV?

Äpple och päron är kärnfrukter som består av skal, fruktkött och ett kärnhus som normalt innehåller upp till 10 frön. Skalet är mer eller mindre rikt på färgämnen och bitterämnen (fenoler), och har ofta ett vaxskikt. Fruktköttet innehåller must (juice) med socker, syror och aromer, och kan också innehålla färgämnen och bitterämnen. Både i skal, fruktkött och kärnhus finns cellväggspolysackarider, bl. a. pektin och cellulosa, som bidrar till fruktköttets textur. Proteiner, som både finns i skal och fruktkött, består av aminosyror, och är en kvävekälla för jäst vid fermentering. Fruktköttet innehåller också enzymer, specialiserade proteiner, som bland annat medverkar vid nedbrytning av pektiner och vid oxidativ brunfärgning av fruktkött och must vid exponering för syre. Kärnorna är särskilt rika på oönskade bittra föreningar. De innehåller också cyanogena glykosider som man kan känna smaken av när kärnorna krossas.

VAD HÄNDER NÄR ETT ÄPPLE MOGNAR?

Under äpplets utveckling och mognad sker förändringar i många olika egenskaper. Det är därför viktigt att kunna bedöma äpplets mognad i förhållande till dess kvalitet för must- och cidertillverkning. Under mognaden ökar både etylenproduktionen och andningshastigheten, vilket påverkar alla andra fruktegenskaper.

Etylenproduktion och andningshastighet är svåra att analysera men andra egenskaper kan mätas ganska enkelt, och användas för att fastställa äpplets mognadsgrad. Dessa egenskaper är sortspecifika även om de påverkas av säsongsvariationer i temperatur och väder, och inkluderar t. ex. antalet dagar och temperatursumma efter full blomning, nedbrytningen av klorofyll i skalet, äpplets fasthet, löslig torrsubstans i musten, stärkelsenedbrytning

i fruktköttet och total syrahalt i musten. Äpplets fasthet minskar med ökad mognadsgrad och har stor betydelse för mustutbytet vid pressning. Mustens innehåll av löslig torrsubstans korrelerar med sockerinnehållet och kan användas för att uppskatta den potentiella alkoholhalten som cider kan få efter jäsning.

Innehållet av fenoler i äpplet har stor betydelse för ciderkvaliteten. Kväveinnehållet i äpplet och äppelmusten påverkar jästtillväxten och därmed även fermenteringshastigheten.

En översikt av relevanta analyser vid cidertillverkning, med fokus på frukt- och mustegenskaper, definieras och redovisas i Tabell 1. Mer detaljerad information om varje analys finns längre fram i faktabladet.

PROVTAGNING

För att få tillförlitliga resultat vid olika analyser är det viktigt att provtagningen sker korrekt. Plocka därför minst 6–10 representativa frukter från ett och samma träd. Vid mognadsbestämning bör man börja testa frukter åtminstone ett par veckor innan förväntad mognad eftersom den optimala mognadstiden kan variera mellan olika år. Frukterna bör analyseras individuellt för fasthet, löslig torrsubstans och stärkelseomvandling (för beräkning av Streif index), och som ett sammanslaget prov för analyser av olika mustegenskaper (löslig torrsubstans, titrerbar syra total fenolhalt, fermenterbart kväve och specifik vikt). Om analyser också ska göras efter lagring bör antalet frukter som skördas vara 24–30, eftersom lagringssjukdomar kan uppstå och reducera antalet tillgängliga frukter för kvalitetsanalyser vid flera tillfällen under lagringen.

Tabell 1. Analys, tillämpning, metod, definition, och enhet samt referenser till de olika metoderna för analys av olika frukt- och mustegenskaper relevanta vid must- och cidertillverkning.

Analys	Tillämpning	Metod	Definition	Enhet	Referens
Streif index (SI)	Frukt, mognad	Beräkning	$SI = F / TSS \times SII$ $F = \text{fasthet (kg/cm}^2\text{)}$ $TSS = \text{löslig torrsubstans (}^\circ\text{Brix)}$ $SII = \text{stärkelseindex (skala 1–10)}$	Enhetslös	Streif (1996)
Klorofyll-innehåll i skal	Frukt, mognad	DA-meter	IDA= skillnad i absorptions mellan 670 och 720 nm	Enhetslös	Ziosi et al. (2008)
Fasthet (F)	Frukt, mognad	Penetrometer	Kraften som krävs för att trycka in en 1 cm ² cylinder 10 mm i fruktköttet	N/cm ² = kg/cm ²	OECD Fruit and vegetables scheme (2018)
Stärkelse-omvandling (SII)	Frukt, mognad	Stärkelseinfärgning med jod	Skala 1–10	Enhetslös	OECD Fruit and vegetables scheme (2018)
Aktiv syra (pH)	Must och cider	pH-indikator, pH-papper, pH-elektrod	$pH = -\log(aH^+)$ $a = \text{aktivitet hos vätejoner}$ $pH \approx -\log([H^+])$ $[H^+] = \text{koncentration av fria vätejoner}$	Enhetslös	OECD Fruit and vegetables scheme (2018)
Totalhalt syra, titrerbar syra (TA)	Must och cider	Titration med natriumhydroxid till pH 8.1	$TA = 67 \times X \times N / Y$ $X = \text{mL NaOH}$ $N = \text{Normalitet hos NaOH}$ $Y = \text{mL prov}$	Äppelsyraekvivalenter (g/L)	OECD Fruit and vegetables scheme (2018)
Total fenolhalt (TP)	Must och cider	Folin-Chiocalteu reagens, spektrofotometer		Gallussyraekvivalenter (g/L)	Modified from Singleton et al. (1999)
Total tanninhalten (TT)	Must och cider	Fällning med metylcellulosa		g/L	Sommer et al. (2022)

Tabell 1 forts. Analys, tillämpning, metod, definition, och enhet samt referenser till de olika metoderna för analys av olika frukt- och mustegenskaper relevanta vid must- och cidertillverkning.

Analys	Tillämpning	Metod	Definition	Enhet	Referens
Total löslig torrsubstans (TSS)	Must	Refraktometer	Kan approximativt beräknas som $^{\circ}\text{Bx} \approx ^{\circ}\text{SG}/4$	$^{\circ}\text{Bx}$ eller Brix	Jolicoeur (2013)
Förhållande mellan socker och syra (R)	Must	Beräkning	$R = \text{TSS } (^{\circ}\text{Bx}) * 10 / \text{TA (g äppelsyra/L)}$	Enhetslös	OECD Fruit and vegetables scheme (2018)
Torrsubstans (TS)	Must	Beräkning	$\text{TS} = p * ^{\circ}\text{Bx} / 100$ $p = \text{density of a sample}$	g/L	Jolicoeur (2013)
Potentiell halt jäsbart socker (S_{avg})	Must	Beräkning	$S_{\text{avg}} = 2130 * (\text{SG} - 1)$	g/L	Jolicoeur (2013)
Potentiell alkoholhalt (A_p)	Must och cider	Beräkning	$A_p = 0.06 * S$ $S = \text{jäsbara sockerarter (g/L)}$ $A_p \approx S/17$ $A_p \approx ^{\circ}\text{Bx}/2$ $A_p \approx ^{\circ}\text{SG}/8$	% ABV (volymprocent alkohol)	Jolicoeur (2013)
Genomsnittlig potentiell alkoholhalt ($A_{p_{\text{avg}}}$)	Must och cider	Beräkning	$A_{p_{\text{avg}}} = 0.06 * S_{\text{avg}} = 127.8 * (\text{SG} - 1)$	% ABV (volymprocent alkohol)	Jolicoeur (2013)
Densitet (p)	Must och cider	Våg och mätglas	$p = M / V$ $M = \text{mass}$ $V = \text{volume}$	g/L	
Specifik vikt (SG)	Must och cider	Hydrometer	$\text{SG} = p / w$ $p = \text{provets densitet}$ $w = \text{vattnets densitet}$	Enhetslös	
Grader av specifik vikt ($^{\circ}\text{SG}$)	Must och cider	Hydrometer	$^{\circ}\text{SG} = 1.000 * (\text{SG} - 1)$	$^{\circ}\text{SG}$	
Fermenterbart kväve (YAN)	Must och cider	Enzymatiskt (NH_4^+) och med reagens (FAN) tillsammans med spektrofotometer	$[\text{YAN}] = [\text{NH}_4^+] + [\text{FAN}]$ $\text{NH}_4^+ = \text{ammoniumjoner}$ $\text{FAN} = \text{fritt aminokväve}$	mg/L	

DAGAR EFTER FULL BLOMNING OCH TEMPERATUR-SUMMA

Antalet dagar från full blomning till mognad är karaktäristiskt för en sort men påverkas också av temperaturen. Antalet dagar från full blomning ger därför bara en ungefärlig uppskattning om när mognaden inträder.

Ett säkrare mått är att använda temperatursumman under växstsäsongen. Temperatursumman (grad-dagar, eng. *growing degree days*) för äpplets utveckling och mognad beräknas vanligtvis genom att summera de dagliga medeltemperaturerna som överstiger en viss tröskeltemperatur under aktuell tidsperiod. För äpplen används ofta en generell tröskeltemperatur på 5°C. Temperatursumman räknas från full blomning till mognad (Christodoulou and Culham 2021). För att kunna beskriva och förutsäga mognadsperioden för en viss sort (tidig, medeltidig, sen) bör mognadsdata samlas in från åtminstone fyra–sex säsonger och medelvärdet användas (Lateur et al. 2022).

KLOROFYLLINNEHÅLL

Under fruktmognaden minskar klorofyllinnehållet i äppelskalet. Genom att mäta klorofyllinnehållet kan mognadsstadiet därför indirekt uppskattas. För att mäta klorofyllinnehållet kan en DA-mätare användas. DA-mätaren detekterar skillnaden i absorptions mellan 670 och 720 nm, vilket anges som ett DA-index, IDA (WSU tree fruit, Ziosi et al. 2008). DA-index är oberoende av olika miljöfaktorer men korrelationen mellan DA-index, fruktmognad och olika kvalitetsegenskaper är sortspecifik. DA-index måste därför bestämmas för var sort i förhållande

till plocktidpunkt och lagring (Zadar and Sanella 2019).

Det finns andra digitala mognadsmätare som också baseras på absorptionsmätningar. Deras användbarhet är ännu inte så väldokumenterade men även för dessa gäller att det uppmätta värdet på mognadsstadiet påverkas av sorten och måste därför korreleras med olika kvalitetsegenskaper och plocktidpunkt i förhållande till lagring.

FASTHET

När frukten börjar mogna minskar fruktköttets fasthet. Fastheten är karaktäristisk för sorten men påverkas också av odlingsmetoder, lokalklimat och mognadsstadium. Fastheten kan analyseras i fält eller på laboratorium med hjälp av en penetrometer (Figur 1).

Vid bestämning av fasthet hos äpple (och päron) används vanligen en cylinder med 1 cm² yta (11 mm diameter) som pressas in 10 mm i fruktköttet. Mätningen görs från två motsatta sidor där skalet först skalats bort på en yta av ca 2 cm² (OECD 2018). Det är viktigt att penetrometern trycks in med ett jämnt tryck, helst vertikalt nedåtriktat, för bästa upprepbarhet. Äpplen som har en fasthet mindre än 3 kg/cm² klassas som mycket mjuka, vid optimal ätmognad har äpplen en fasthet i intervallet 5–6 kg/cm², och om fastheten är större än 8 kg/cm² klassas de som mycket hårda (Lateur et al. 2022). Äpplen med en fasthet under 4 kg/cm² är vanligtvis svåra att pressa och mustutbytet blir då lågt.

Figur 1. Fasthetsbestämning med manuell penetrometer. Foto: K. Rumpunen



JOD-STÄRKELSETEST

När äpplet utvecklas lagras socker som stärkelse i fruktköttet. Stärkelsen omvandlas inte till socker förrän mognadsprocessen startar. Omvandlingen av stärkelse i fruktköttet kan därför kopplas till frukt-mognaden. Stärkelseomvandlingen börjar närmast kärnhuset och expanderar mot skalet.

För att analysera stärkelseomvandlingen kan en jod-kaliumlösning användas eftersom stärkelsekornen färgas mörkblå vid kontakt med jod. När frukten mognar minskar halten av stärkelse, och därmed den mörkblå färgen. Den försvinner helt när all stärkelse har omvandlats till socker. Olika sorter har något olika mönster för stärkelseomvandlingen, och för vissa sorter kan mönstret vara oregelbundet, vilket gör bedömningen av jod-stärkelseindexet svårare. Jod-stärkelsetestet fungerar bra för äpple men mindre bra för päron. Jod-stärkelsetestet utförs enligt nedan:

- Gör en jod-kaliumlösning genom att lösa 10 g kaliumjodid i 30 mL destillerat vatten och tillsätt 3 g rent jod. När all jod är löst tillsätt ytterligare destillerat vatten så att den totala volymen blir 1 liter. Denna lösning kan lagras i upp till 6 månader i ett svalt (4–7°C) och mörkt utrymme. (OECD 2018).
- Doppa en skiva av fruktköttet (0.5–1 cm tjock) i jod-kaliumlösningen (Figur 2) eller spraya lösningen på skivan, och vänta ca 1–2 minuter innan avläsning.
- För bedömning av stärkelseomvandlingen används en skala från 1 to 10 (OECD 2018) där 1 motsvarar en omogen frukt med 0% stärkelseomvandling och 10 motsvarar en helt mogen frukt där 100% (all) stärkelse är omvandlad till socker (ingen blåfärgning).

Figur 2. Äppelskivor som lagts i en petriskål med jodkalium-lösning för bedömning av stärkelseomvandlingen. Foto: I. Tahir.



SOCKERINNEHÅLL OCH POTENTIELL ALKOHOLHALT

Flera olika metoder kan användas för enkel approximativ analys av det totala sockerinnehållet i must. Dessa är t. ex. total löslig torrsubstans (TSS) mätt med en refraktometer, total löslig torrsubstans mätt med en IR Brix-mätare samt specifik vikt (SG, relativ densitet) mätt med en hydrometer. Alla metoder ger en god uppskattning av innehållet av jäsbart socker, dock kan andra ämnen i musten, t. ex. organiska syror, påverka mätningarna. Analysresultaten kan sedan användas för att approximativt beräkna den potentiella alkoholhalten i cider som kan nås efter full utjäsning av sockret i musten. För exakt mätning av enskilda sockerarter (fruktos, glukos och sackaros) kan i stället olika enzymatiska metoder användas. För att kunna genomföra dessa analyser krävs en spektrofotometer.

Total löslig torrsubstans med hjälp av refraktometer

Refraktometern (Figur 3) använder olika ämnens förmåga att bryta ljus för att mäta den totala halten löslig torrsubstans i ett prov.

- Refraktometern är användbar för att uppskatta den totala sockerhalten i must före jäsning.
- Mätvärdet anges som Brix eller grader Brix (°Bx).
- Brytningsindex varierar med temperaturen. Om inte refraktometern automatiskt kompenserar för temperaturen måste temperaturen mätas separat och resultatet korrigeras med hjälp av en korrigeringstabell.
- Refraktometern kan inte användas för att mäta sockerhalten i cider under eller efter jäsning eftersom etanol också påverkar brytningsindexet (bidrar till att överskatta mätvärdet).

Figur 3. Digital refraktometer för analys av total löslig torrsubstans (Brix). Foto: K. Rumpunen.



Total löslig torrsubstans med hjälp av IR Brix-mätare

På marknaden finns också IR-mätare (t. ex. Atago PAL-HIKARI 5, Figur 4) som kan användas för icke-destruktiv analys av total löslig torrsubstans hos äpple. Utrustningen använder infrarött LED-ljus och är användbar i fält för snabb approximativ analys av Brix-värdet. Det är viktigt att mäta flera frukter för att få ett tillförlitligt medelvärde.

- Mät sockerinnehållet på fyra punkter runt äpplet eftersom sockerackumuleringen är olika beroende på position (ljusstilling, solinstrålning).
- Undvik att mäta direkt i fläckar eller i andra skador som kan påverka mätresultatet.
- Beräkna medelvärdet.

Specifik vikt med hjälp av hydrometer

Med hjälp av en hydrometer (densimeter, analog eller digital) kan den relativa densiteten hos must analyseras. Den relativa densiteten korrelerar med sockerinnehållet men påverkas också i viss utsträckning av andra ämnen i musten. Hydrometrar kan vara kalibrerad med olika skalor varav specifik vikt (eng. specific gravity, SG) är en. Specifik vikt definieras som densiteten hos ett prov i förhållande till densiteten hos vatten mätt vid samma temperatur.

- Hydrometern används för att analysera och följa förändring i sockerinnehåll under fermentering.
- Den specifika vikten är ett dimensionslöst tal som anges med tre decimaler.
- Hydrometervärdena påverkas av temperaturen. Det är därför alltid nödvändigt att mäta och korrigera för avvikelser beroende på temperaturen.
- Hydrometern är känslig för koldioxidbubblor och grumlig must som kan göra att den uppmätta specifika vikten blir en överskattning av det faktiska värdet.

Omvandling av SG till °Bx

För rena sockerlösningar finns ett förhållande mellan värden uppmätta med refraktometer (°Bx) och specifik vikt. Förhållanden kan beräknas approximativt med formeln $^{\circ}\text{Bx} \approx \text{SG}/4$ eller mer exakt med endera formlerna (Jolicoeur 2013):

$$^{\circ}\text{Bx} \approx 261.3 * (1 - 1/\text{SG})$$

$$\text{SG} \approx 261.3 / (261.3 - ^{\circ}\text{Bx})$$

Dessa formler gäller med en avvikelse på maximalt 0.05 °Bx upp till 26 °Bx eller SG 1.110 vid 20°C.



Figur 4. Icke-destruktiv IR-mätare för analys av total löslig torrsubstans (Brix). Foto: K. Rumpunen

MEDEL SOCKERINNEHÅLL

Den genomsnittliga sockerhalten (S_{avg} , g/L) från många olika prover av äppelmust har visat sig motsvara 82 % av den totala torrsubstansen och kan beräknas med hjälp av den specifika vikten och följande empiriska formel (Jolicoeur 2013):

$$S_{\text{avg}} = 2130 * (\text{SG} - 1)$$

Potentiell alkoholhalt

Potentiell alkoholhalt (A_p) kan beräknas som $A_p = 0.06 * S$ vilket approximativt motsvarar $A_p \approx S/17$, där S = jäsbart socker (g/L) (Jolicoeur 2013).

Eftersom det exakta sockerinnehållet sällan är känt kan den potentiella alkoholhalten approximativt beräknas (Jolicoeur 2013) som:

$$A_p \approx ^{\circ}\text{Bx}/2 \text{ eller } A_p \approx ^{\circ}\text{SG}/8$$

Genom att använda medelsockerinnehållet (S_{avg}) kan den potentiella alkoholhalten ($A_{p\text{avg}}$) beräknas (Jolicoeur 2013) som:

$$A_{p\text{avg}} = 0.06 * S_{\text{avg}} = 127.8 (\text{SG} - 1)$$

Streif index

Streif index (SI, Streif 1996) tar hänsyn till tre mognadsegenskaper: fasthet (F), total löslig torrsubstans (TSS) och stärkelseomvandlingen mätt som jod-stärkelseindex (SII). Streif index kan användas för att uppskatta den optimala skördetiden för olika ändamål eftersom Streif index är tämligen specifikt för en viss sort och mindre beroende av odlingsmetoder, plats eller klimatförhållanden. Streif index beräknas med formeln:

$$SI = F / TSS * SII$$

där F är fasthet (kg/cm²), TSS är total löslig torrsubstans (°Bx), och SII är jod-stärkelseindex.

För att vara användbart måste Streif index beräknas för en specifik sort vid olika mognadsstadierna under flera säsonger. Detta gör det möjligt att bestämma ett lämpligt SI-medelvärde för att skörda sorten vid en bestämd mognadsgrad för ett visst ändamål, t. ex. för mustutvinning, lagring eller konsumtion.

TITRERBAR SYRA

Titrerbar syra (TA), eller total syrahalt, mäter den totala koncentrationen av syror i en lösning genom titrering med natriumhydroxid (NaOH). Äppelsyra (eng. *malic acid*) är den huvudsakliga organiska syran i äpplen och utgör upp till 95 % av det totala syrainnehållet (Karl et al. 2022). Mindre mängder organiska syror, som kinasyra (eng. *quinic acid*, upp till 4 %) och citronsyra (eng. *citric acid*, upp till 1.5 %) förekommer också. Efter jäsningsprocessen innehåller cider dessutom mjölksyra (eng. *lactic acid*, genom malolaktisk jäsningsprocess; eng. *malolactic fermentation*, MLF) och en liten mängd ättiksyra (eng. *acetic acid*), båda producerade av olika bakterier.

På marknaden finns idag en kombinationsmätare för analys av total löslig torrsubstans och total syrahalt i äppelmust (Atago PAL-BX|ACID5, Figur 5) utan titrering. Mätaren beräknar även förhållandet mellan socker och syra automatiskt. Även om instrumentet kan förenkla analysen av total syrahalt, krävs en stor noggrannhet i ett utspädningssteg som ingår i analysen. För att få tillförlitliga resultat är det nödvändigt att hantera utrustningen korrekt.

För exakt mätning av enskilda organiska syror kan enzymatiska metoder med t. ex. spektrofotometer eller högtrycksvätskekromatografi (HPLC) användas.



Figur 6. En kombinationsmätare för analys av total löslig torrsubstans (Brix) och total syrahalt (angivet som äppelsyra), som också beräknar förhållandet dem emellan. Foto: K. Rumpunen.

Vid titreringen används vanligen en 0.1N NaOH lösning, och titreringen pågår till dess att pH 8.1 nås vilket mäts med en pH-meter eller en lämplig pH-indikator (t. ex. fenolftalein) (OECD 2018).

- Titrerbar syra (TA) uttryckt som mol syra ekvivalenter per liter (eq/L) beräknas med hjälp av formeln:

$$TA = X * N / Y,$$

där X är antalet förbrukad NaOH i mL vid slutpunkten, N är normalitet för NaOH, och Y är antalet mL av det utspädda provet.

- För att beräkna den titrerbar syran som g äppelsyra per L must (g/L) används formeln:

$$TA = 67 * X * N / Y$$

- Eftersom molvikten för äppelsyra är 134 g/mol och äppelsyra är tvåprotonig utgör äppelsyran 67 gram per syraekvivalent.

Erfarenhetsmässigt gäller nedanstående mängder av total syrahalt för en välbalanserad cider (Jolicoeur 2013):

- Torr, mousserande cider: 6–7.5 g äppelsyra / L
- Medeltorr-söt till söt: > 7.5 g äppelsyra / L
- Högtannin cider: 4.5–6 g äppelsyra / L

FÖRHÅLLANDE MELLAN SOCKER OCH SYRA

Förhållandet mellan total sockerhalt och titrerbar syra (R) är ett relevant mått på socker-syrabalansen så som den uppfattas av våra smaksinnen. Erfarenhetsmässigt har en välbalanserad och välsmakande must ett förhållande på 15–20:1.

Förhållandet mellan socker och syra (R) kan beräknas med hjälp av formeln:

$$R = \text{TSS } (^{\circ}\text{Bx}) \times 10 / \text{TA (g äppelsyra /L)}$$

PH

Mängden av olika organiska syror i ett prov bestämmer vilket pH provet har. pH mäter aktiv syra, dvs hur stark syran i en lösning är. pH definieras som minuslogaritmen (med bas 10) för aktiviteten av fria vätejoner (aH^+) i en lösning med en skala 0 till 14. Aktiviteten motsvarar ungefärligen koncentrationen av H^+ joner (mer korrekt H_3O^+). Det är viktigt att komma ihåg att eftersom pH anges med en logaritmisk skala så innebär en minskning i pH från t. ex. 4 till 3 en tiofaldig ökning i koncentrationen H^+ -joner.

Beroende på hur syrasammansättningen ser ut kommer pH att variera på ett sätt som gör att det inte är möjligt att exakt förutsäga pH utgående ifrån innehållet av titrerbar syra. Det är därför nödvändigt att genomföra båda analyserna.

- När syranivån är alltför låg, och därmed pH högt, finns risk för oönskad mikroorganismtillväxt under jäsningen. Ciderns smak kan då påverkas genom bismaker och den kan upplevas obalanserad och sakna friskhet.
- För att säkerställa en säker jäsning bör pH i must alltid hållas under 3.8 vid start av fermenteringen.
- Omvänt kommer en alltför hög syranivå, och därmed lågt pH, att resultera i en cider som är alltför skarp i smaken men risken för tillväxt av bakterier är då mycket liten.
- För cider anses ett pH i must under 3.0 fullt tillräckligt för att skydda den fermenterande cidern från förskämning. För pH 3.0–3.5 kan sulfit tillsättas, och för pH 3.5–3.8 är det som regel nödvändigt att sätta till sulfit för en kontrollerad fermentering. Om pH är högre än 3.8 bör pH sänkas.
- Om nödvändigt justeras pH genom att blanda must från lämpliga sorter före jäsning och/eller genom att blanda cider efter jäsning.
- För att få exakta pH-mätningar är det nödvändigt att kalibrera pH-elektroden regelbundet genom att använda buffertar (vanligen med pH 4.00 och

7.00). Eftersom pH-värdet hos buffertlösningarna också ändras beroende på temperatur måste värdena korrigeras, om inte pH-mätaren automatiskt gör justeringen (vilket de flesta nya pH-mätare gör).

- För enkla pH-mätningar kan pH-testpapper också övervägas som ett billigt och lättanvänt alternativ. pH-testpappret bör täcka åtminstone pH-intervallet 2.8–4.6, vilket väl täcker pH-intervallet för äppelmust från både dessertäppel- och cideräppelsorter.

FENOLER

Fenoler är en stor grupp av ämnen, inklusive fenolsyror, flavonoider och procyanidiner (tanniner), som finns hos de flesta växter och bidrar till smak, färg och doft samtidigt som de kan ha många andra funktioner. Fenolerna ger cider kropp, färg, bitterhet och strävhet, samtidigt som de påverkar ciderns sammansättning av olika aromämnen under och efter jäsningen. Vid lagring och mognad polymeriserar lågmolekylära procyanidiner ("hårda" tanniner med bitter smak) och bildar högmolekylära föreningar ("mjuka" tanniner med sträv smak). För att kunna välja lämpliga äppelsorter för tillverkning och blandning av cider är det därför viktigt att känna till fenolinnehållet och hur olika fenoler förändras över tid.

Analys av fenoler

Det finns flera olika metoder för att analysera totalt fenolinnehåll och enskilda fenoler, och valet av metod kan ge olika resultat. Totalt fenolinnehåll kan mätas enkelt och noggrant i must och cider med Folin-Ciocalteu-metoden (FC-metoden) som har blivit en standardmetod. Analysen sker med hjälp av en spektrofotometer och ett reagens. I cider korrelerar resultaten från FC-metoden med tanninhalten, som annars kan bestämmas mer precist genom fällningsanalys t. ex. med metylcellulosa vilket normalt görs på laboratorium (Sommer et al. 2022).

Medan dessertäpplen vanligtvis innehåller mycket små mängder tanniner, har äpplen från vildarter och prydnadsäppelsorter, samt bittersura och bittersöta cideräppelsorter, ofta betydligt högre nivåer av tanniner. Information om total fenolhalt i olika cideräppelsorter finns i separat faktablad.

Vanligtvis analyseras inte fenolinnehållet i must och cider vid småskalig cidertillverkning men i takt med att analysutrustningen blivit allt billigare och särskild utrustning utvecklats som förenklat analysförfarandet borde dessa analyser göras rutin-

mässigt för att bättre kunna styra kvaliteten på den cider som tillverkas. Enskilda fenoler analyseras vanligtvis med HPLC-metoder på välutrustade laboratorier.

Sensorisk analys av fenoler

För sensorisk analys av bitterhet och strävhet krävs en tränad sensorisk panel. Vid bedömning av en standardiserad modellcider (med låg sötma, fruktos 8.3 g/L; låg syra, äppelsyra 1.52 g/L; låg alkoholhalt, 1.78% ABV; och procyanidiner i olika koncentrationer 0–750 mg/L och olika polymeriseringsgrader, DP), fann Symoneaux et al. (2014a) att procyanidinkoncentration spelar stor roll för upplevelsen av bitterhet och strävhet. En ökad polymeriseringsgrad ledde till att cidern fick mer sträv smak, och denna effekt förstärktes av koncentrationen. Pentamerer, molekyler sammansatta av fem lika enheter procyanidiner, gav den starkaste upplevelsen av bitterhet. Om procyanidinkoncentrationen ökade minskade upplevelsen av sötma medan upplevelsen av syra ökade. Polymeriseringsgraden hade inte någon påverkan på upplevelsen av söt eller sur smak.

Det finns också en påverkan av cidermatrisen. Med hjälp av en sensorisk panel och en annan modellcider (sötma, fruktos 20 g/L och 60 g/L; syra: äppelsyra 3.30 g/L, med ett pH på 3.94 och 5.04 g/L med ett pH på 3.48, etanol vid 2.7% ABV och 5.7% ABV samt procyanidiner 750 mg/L med olika polymeriseringsgrader) visade Symoneaux et al. (2014b) att:

- Upplevelsen av strävhet ökar med polymeriseringsgrad och syrainnehåll men minskar med ökat innehåll av fruktos.
- Upplevelsen av bitterhet ökar med ökad halt etanol men minskar med ökad halt fruktos. Bitterheten var högst för tetra- och pentamerer (som i den första undersökningen).
- Upplevelsen av sötma ökar med ökad halt fruktos och etanol, men minskar med ökat syrainnehåll.
- Polymeriseringsgraden påverkade inte upplevd sötma eller syra (som i den första undersökningen).

FERMENTERBART KVÄVE

Kväveinnehållet i frukter och must påverkar i hög grad ciderfermenteringen. Det fermenterbara kvävet (eng. *yeast assimilable nitrogen*, YAN) består av organiska och oorganiska kväveföreningar som kan metaboliseras av jäst. YAN fungerar som den primära begränsande faktorn för jäsningshastigheten genom att påverka celledelning och celltillväxt

(Bell & Henschke 2005). Dessutom kan YAN-koncentrationen påverka innehållet av både önskvärda och oönskade aromatiska sekundära metaboliter i cidern.

- YAN består av fritt aminosyrakväve (FAN), ammoniumjoner (NH_4^+) och vissa korta oligopeptider.
- I äpple består största delen av YAN av FAN (Boudreau et al. 2017), som också korrelerar med totalhalten YAN i äppelmust (Boudreau et al. 2018).
- Den optimala YAN-koncentrationen för olika typer av ciderfermenteringar är inte fastställd.
- Äppelmust har ofta en brist på YAN jämfört med standarden för vintillverkning (140 mg/L). Äppelmust har typiskt YAN-koncentrationer under 100 mg/L (Karl et al. 2022).
- *S. cerevisiae* använder och metaboliserar ammonium snabbare än organiska kväveföreningar.
- Otillräckliga YAN-koncentrationer har associerats med produktionen av vätesulfid (H_2S), en vanlig defekt i cider som kännetecknas av en lukt av ruttna ägg.
- Initiala höga YAN-koncentrationer (>300 mg/L) har också observerats öka produktionen av H_2S , eftersom en alltför snabb ökning av jästpopulationer kan leda till brist (stress) under senare delar av jäsningsprocessen.
- Olika stammar av *S. cerevisiae* reagerar olika på varierande YAN-koncentrationer under ciderjäsning när det gäller H_2S -bildning (Song et al. 2020).
- Tillskott av metionin innan jäsningen kan minska H_2S -bildning, särskilt i äppelmust med låg YAN (Boudreau et al. 2017).
- Aminosyrakoncentrationen och -sammansättningen kan påverka ciderns arom genom jästens metabolism under jäsningen.
- Målvärden för YAN-koncentrationer beror på de specifika råvarorna, jästarter/stammar, jäsningsförhållanden och de önskade egenskaperna hos den färdiga cidern. För en långsam jäsning syftande till cider med viss restsötma är det önskvärt med lågt innehåll av YAN.
- Aminosyrasammansättningen varierar mellan sorter, där asparagin vanligtvis är den mest förekommande (Ma et al. 2018a).
- Ökad fruktsättning tenderar att minska YAN-koncentrationen.
- Det finns för närvarande inga fastställda riktlinjer för kvävegödsling specifikt för cideräppelproduktion.
- Kvävegödsling av jorden på våren och bladen på sensommaren har visat sig effektivt öka YAN-koncentrationerna (Karl et al. 2022).

- Kvävegödsling verkar inte påverka mustutbyte eller andra kvalitetsparametrar för musten, såsom totalhalt polyfenoler, titrerbar syra eller löslig torrsubstans (Karl et al. 2022).
- Klarning av must med pektinas minskar YAN i äppelmust utan att påverka polyfenolsammansättningen i cidern (Ma et al. 2018b).
- YAN kan mätas genom separat analys av oorganiskt ammonium och organiskt fritt aminosyrakväve (FAN). Dessa analyser har tidigare utförts endast på kommersiella laboratorier. Nu finns enkla analysmetoder och utrustning (t. ex. CDR CiderLab) som med tillräcklig noggrannhet kan analysera inte bara YAN utan många andra kvalitetsegenskaper också.

LITTERATUR

- Atago PAL HIKARi 5. 2024-11-29. <https://www.atago.net/en/atagodirect-index.php?key=FAS59195>
- Atago PAL BX|ACID5. 2024.11-29. <https://www.atago.net/en/atagodirect-index.php?key=DCL37705>
- Bell and Henschke. 2005. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2005.tb00028.x>
- Boudreau IV et al. 2017. Hydrogen sulphide production during cider fermentation is moderated by pre-fermentation methionine addition. <https://doi.org/10.1002/jib.449>
- Boudreau et al. 2018. Free amino nitrogen concentration correlates to total yeast assimilable nitrogen concentration in apple juice. <https://doi.org/10.1002/fsn3.536>
- CDR CiderLab. 2024-11-29. <https://www.cdrfoodlab.com/cdrciderlab>
- Christodoulou MD, Culham A. 2021. When do apples stop growing, and why does it matter? <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252288>
- Jolicoeur C. 2013. The new cider maker's handbook. Chelsea Green Publishing, Vermont, USA
- Karl et al. 2022. The biochemical and physiological basis for hard cider apple fruit quality. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10317>
- Lateur et al. 2022. ECPGR Characterization and evaluation descriptors for apple genetic resources apple (*Malus x domestica*). https://www.ecpgr.cgiar.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/2022_ECPGR_Malus_descriptors_final.pdf
- Ma et al. 2018a. Free amino acid composition of apple juices with potential for cider making as determined by UPLC-PDA. <https://doi.org/10.1002/jib.519>
- Ma et al. 2018b. Juice clarification with pectinase reduces yeast assimilable nitrogen in apple juice without affecting the polyphenol composition in cider. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14367>
- OECD Fruit and vegetables scheme. 2018. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-sub-issues/fruits-and-vegetables/guidelines-on-objective-tests.pdf/_jcr_content/renditions/original/guidelines-on-objective-tests.pdf
- Sommer et al. 2022. Analytical methods to assess polyphenols, tannin concentration, and astringency in hard apple cider. <https://doi.org/10.3390/app12199409>
- Streif J. 1996. Optimum harvest date for different apple cultivars in the 'Bodensee' area. COST94, Proceedings of a meeting, Lofthus, Norway, 9-10 June 1994.
- Song et al. 2020. Yeast assimilable nitrogen concentrations influence yeast gene expression and hydrogen sulfide production during cider fermentation. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01264>
- Symoneaux et al. 2014a. Impact of apple procyanidins on sensory perception in model cider (part 1): Polymerisation degree and concentration. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.016>
- Symoneaux et al. 2014b. Impact of apple procyanidins on sensory perception in model cider (part 2): Degree of polymerization and interactions with the matrix components. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.007>
- WSU tree fruit. DA meter maturity indicator. <https://treefruit.wsu.edu/article/da-meter-maturity-indicator/>
- Ziosi et al. 2008. A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.01.01>
- Zadar and Sanella. 2019. A study on the potential of IAD as a surrogate index of quality and storability in cv. 'Gala' apple fruit. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100642>

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

© Författare: Kimmo Rumpunen, [kimmo.rumpunen@slu.se], Institutionen för Växtförädling, SLU, Alnarp, Sverige; Francois-Jan Raimbaud, [fj.raimbaud@gmail.com], Saint-Pierre-En-Auge, Normandie, Frankrike.

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.

