

Den vanskelige malolaktiske behandling af sure grundvine til mousserende vine og cider samt af sure nordiske hvidvine

Af Carl-Henrik Brogren, henrik@brogren.dk

Del 1 – Malolaktisk fermentering i vine med pH under 3,1

Malolaktisk fermentering (MLF) er fortsat en af de vigtigste biologiske processer i moderne vinframstilling. I røde vine er processen næsten standard, mens den i mange hvide vine vælges ud fra den ønskede stil. I kølige klimaer bliver lave pH-værdier stadig mere almindelige, og dermed øges behovet for målrettet styring af MLF.

Ved pH under cirka 3,1 ændres bakteriernes arbejdsvilkår markant. Den lave pH påvirker cellemembranens funktion, malattransporten og bakteriernes energibalance. Samtidig øges den molekylære andel af svovldioxid, som er den mest bakterie-hæmmende form. Resultatet er, at selv robuste kulturer kan få svært ved at etablere sig.

En vellykket MLF afhænger derfor af langt mere end blot valg af bakteriekultur. Valg af alkoholgær, temperaturstyring, næringsstatus, timing af sulfitering og inokulationsstrategi spiller alle en væsentlig rolle. Mange af de problemer, som tilskrives lav pH, skyldes i virkeligheden en kombination af flere samtidige stressfaktorer.

Tabel 1. Centrale stressfaktorer ved lav pH

Stressfaktor	Betydning	Konsekvens	Praktisk løsning
Lav pH	Syrestress	Langsom MLF	Lav-pH kultur
Fri SO ₂	Antimikrobiel effekt	Hæmning	Udskyd sulfitering
Alkohol	Membranstress	Dårlig vækst	Tidlig inokulation
Lav temperatur	Langsom metabolisme	Forsinket MLF	18-22 °C
Gærmetabolitter	Hæmning	Fastlåst MLF	Vælg kompatibel gær

Gærens betydning

Valg af *Saccharomyces cerevisiae*-stamme bør indgå som en aktiv del af MLF-strategien. Visse stammer producerer relativt store mængder SO₂ under fermenteringen, mens andre er udviklet med henblik på bedre kompatibilitet med malolaktiske bakterier. Hertil kommer dannelsen af medium-chain fatty acids og andre metabolitter, som kan hæmme bakteriernes etablering.

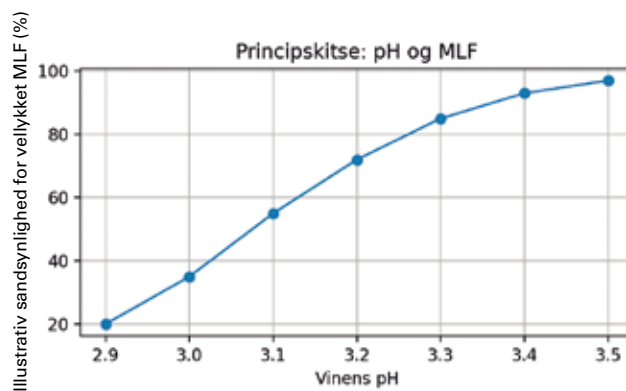
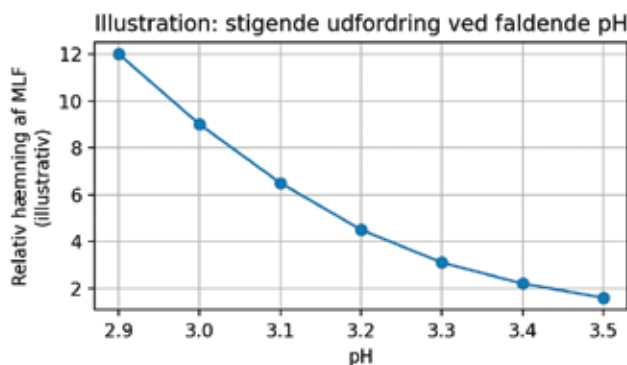
Tabel 2. Guide til optimering af MLF fra Lallemend Oenology, Malolactic Fermentation Guide (6)

Vurdering af vinforhold til malolaktisk gæring				
Faktorer relateret til ALF	1 point	2 point	8 point	10 point
Alkohol (% v/v)	<13	13-15	15-17	>17
pH	>3,4	3,1-3,4	2,9-3,1	<2,9
FSO ₂ (mg/L)	<8	8-12	12-15	>15
TSO ₂ (mg/L)	<30	30-40	40-60	>60
Æblesyre niveau (g/L)	2-4	1-2 el. 4-5	0,5-1 el. 5-7	<0,5 el. >7
Temperatur (°C)	18-22	14-18	10-14	<10
Gærs næringsstofbehov	Lav	Mellem	Høj	Meget høj
ALF-rate	<2 brix/dag	2-4 brix/dag	4-6 brix/dag	> brix/dag
Let ALF	Ingen problemer	Forbigående gærstress	Træg/fastsiddende gæring	Langvarig gærkontakt
Betingelser for MLF	Günstig (<10 point)	Vanskelig (11-20 point)	Hård (21-40 point)	Ekstrem (>40 point)

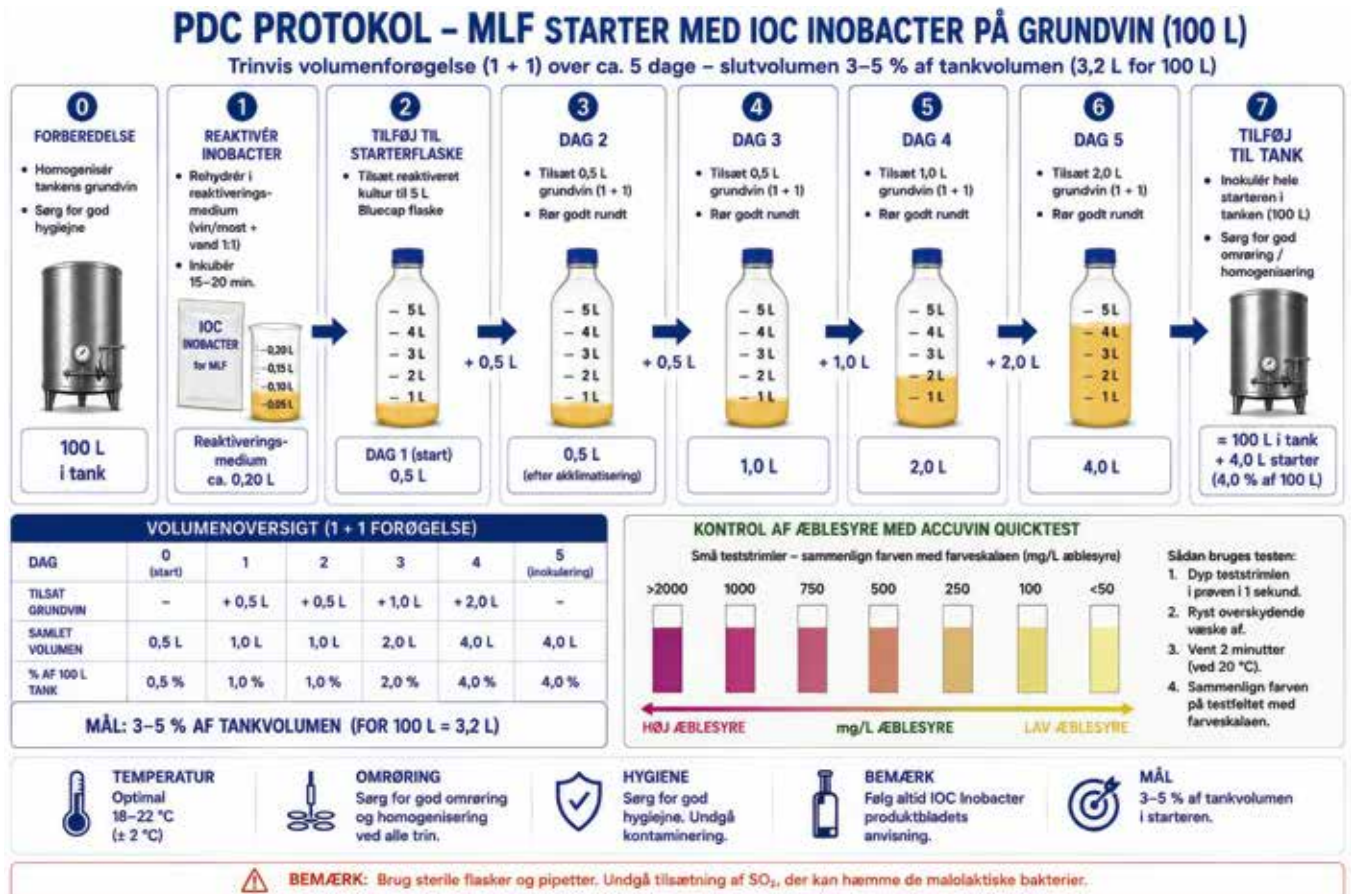
(Dr. Sibylle Krieger-Weber, Personlig kommunikation)

Del 2 – Pied de Cuve-adaptation af malolaktiske bakterier ved lav pH

Når vinsens pH falder til omkring 3,1 eller derunder, ændres betingelserne for malolaktisk fermentering markant. Det er ikke alene syreniveauet, men den samlede kombination af lav



Figur 1. Illustrativ sammenhæng mellem pH og sandsynligheden for en ukompliceret MLF. Figuren viser princippet og er ikke baseret på ét enkelt datasæt.



Figur 2. Eksempel på en “Pied de Cuve” (PDC)-adaptationsprotokol til malolaktiske bakterier. Ved gradvis eksponering for vinens stressfaktorer (lav pH, stigende ethanol, molekylær SO₂ og fenoler) øges sandsynligheden for en hurtig etablering af malolaktisk fermentering i vanskelige vine. Ved trinvis tilsætning af vin udsættes bakterierne successivt for stigende ethanol, lavere pH og højere koncentrationer af fenoler. Under denne adaptation ændres cellemembranens sammensætning, protonpumpen aktiveres, og cellernes evne til at opretholde den intracellulære pH forbedres. Erfaringer fra praksis viser, at PDC især kan være nyttig i vine med høj syre og lav temperatur. Illustration genereret med ChatGPT (OpenAI), 2026.

pH, ethanol, molekylær SO₂ og næringsmangel, der afgør om en inokuleret kultur etableres. Pied de Cuve (PDC)-adaptation er udviklet som en metode til gradvist at tilvænne bakterierne til dette stressmiljø. Formålet er at opbygge en aktiv og fysiologisk tilpasset population inden inokulation i hovedtanken.

Praktisk protokol

En typisk protokol starter med rehydrering efter producentens anvisning efterfulgt af tilsætning af en egnet MLF-næring.

Derefter tilsættes små mængder vin (fx 10 %, 30 %, 60 % og til sidst 100 %), mens temperaturen holdes stabil. Hvert trin gennemføres først, når bakterierne viser tydelig metabolisk aktivitet. Denne gradvise tilvænnings reducerer risikoen for chok og øger sandsynligheden for en hurtig og komplet MLF.

PDC bør ikke opfattes som en erstatning for korrekt valg af bakteriekultur, men som et supplement når flere stressfaktorer optræder samtidigt.

Tabel 3. Udvalgte robuste malolaktiske bakterier (Oenococcus Oeni) Særligt velegnede til sure og vanskelige vine med eller uden Pied de Cuvée-adaptation(PDC)

Producent/ kultur	Inokulation/adaptation	PDC	pH-grænse	Alkohol-grænse	Total sulfid grænse	Minimum temp.
Lallemann Lalvin MT01	Standardproces: Aktivering og akklimatisering før inokulation	Ja	>2,9	<14%vol	<50 mg/L	15-18°C
Lallemann LalvinVP41	MBR – direkte inokulering uden re-hydrering	Nej	>3,1	<16%vol	<60 mg/K	>16°C
IOC Inobacter	Tre trin: Reaktivering akklimatisering og multiplik reaktivering-/starteration	Ja	>2,9	Ca. 14%vol	<60 mg/l	>16°C
Laffort Lactoenos B16 Srandard	B16 Reactivator og specifik reaktiverings-/starterprotokol	Ja	>2,9	<14%vol	<75 mg/L	>16°C
Novonosis Viniflora Sparta	Direkte lav-pH kultur	Normalt Nej	>ca.2,9	<14%vol	<35 mg/l	>16°C

Se også BilagsTabel 4.

Tabel 4. Dokumenteret maloethanolisk aktivitet hos kommercielle vingærstammer. Malatomsætning under alkoholisk/maloalkoholisk fermentering.

Produkt / stamme	Art	Producent / brand	Dokumenteret malat-omsætning	Form / note
ProMalic	Schizosaccharomyces pombe	Proenol / Lallemmand	Op til 100 %	Immobiliserede celler i calcium-alginat; kan fjernes ved ønsket slutniveau.
Atecrem 12H	Schizosaccharomyces pombe	Bioenologia 2.0	≈100 % / komplet*	Cream yeast; professionel ønologisk anvendelse; ikke til anden gæring.
Uvaferm BC	Saccharomyces cerevisiae	Lallemmand	Op til 45 %	Aktiv torgær; velegnet til køligt klima og most med højt malat.
Lalvin C	Saccharomyces cerevisiae var. bayanus	Lallemmand	Op til 45 %	Aktiv torgær; også anvendelig til sekundær fermentering.
Lalvin 71B	Saccharomyces cerevisiae	Lallemmand	31 % (ca. 30-35 %)	Partielt demalikerende vin-/frugtær.
Lalvin QA23	Saccharomyces cerevisiae var. bayanus	Lallemmand	29 %	Hvidvinsgær; moderat demalikerende aktivitet.
Lalvin ICV GRE	Saccharomyces cerevisiae	Lallemmand / ICV	26 %	Rødvinsgær; moderat malatnedbrydning.
Anchor VIN13	Saccharomyces cerevisiae	Anchor / Oenobrandts	25 %	Aromatisk hvidvinsgær; killer-positiv ifølge IFV.

Del 3 – Maloethanoliske gær som alternativ til malolaktisk fermentering

Malolaktisk fermentering har i mange år været den klassiske metode til biologisk reduktion af syre i vin. I meget sure vine kan processen imidlertid være vanskelig at gennemføre på grund af lav pH, høj molekylær SO₂ og højt alkoholindhold. Et alternativ er den maloethanoliske fermentering, hvor udvalgte gær omsætter æblesyre direkte til ethanol og kuldioxid. Dermed opnås en effektiv biologisk afsyring uden en efterfølgende MLF.

Den biokemiske baggrund

Den bedst kendte art er *Schizosaccharomyces pombe*. Arten besidder et effektivt æblesyre-transportsystem og en enzymatisk omsætning, som gør det muligt at forbruge næsten al æblesyre under den alkoholiske fermentering. Moderne selekterede stammer har reduceret dannelsen af uønskede biprodukter og er derfor langt mere interessante end de tidlige industrielle isolater.

Der er således 2 valgmuligheder for at fjerne helt eller delvist et ønsket overskud af æblesyre i vin, enten den bakterielt baserede malolaktiske behandling, der er en enzymatisk decarboxylering af æblesyre till mælkesyre, eller ved brug af en maloethanolisk gærtype, der kan omdanne en større eller mindre del af æblesyren direkte til en mindre mængde ethanol, som også er en enzymatisk betinget dobbelt decarboxyleringsproces, som selve gærtypen laver, og som er enklere at lave da den ikke hæmmes af lavt sulfithold, lavt pH og ethanol og er mindre temperaturfølsom.

Praktiske fordele

Metoden kan være særlig attraktiv i årgange med meget høj syre eller ved produktion af vine, hvor en usikker MLF udgør en væsentlig risiko. Der er desuden rapporteret om reduceret dannelse af ethylcarbamater-prækursorer hos visse stammer af *S. pombe*.

Vinpressen søger skribenter

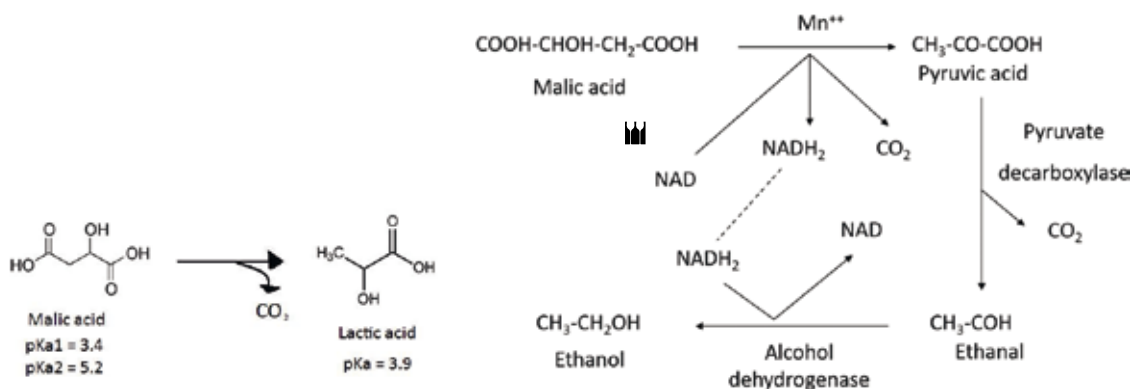
Hvis du sidder og tænker, at der er et fagområde, som vi ikke dækker tilstrækkeligt i Vinpressen, eller hvis du bare godt kan lide at skrive fagligt stof, og du kan formidle det, så det også bliver nemt at forstå for vores mindre erfarne læsere, så skal du endelig ikke holde dig tilbage.

Vi vil gerne have fornyelse og supplement i kredsen af forfattere, der bidrager til Vinpressen, nye vinkler på det stof, som det er naturligt at tage op med jævne mellemrum, flere artikler på begynderniveau og en bedre dækning af cider og mjød blandt andet.

Hvis du er interesseret, så kontakt os på redaktion@vinpressen.dk eller tag fat i et medlem af redaktionsudvalget, når du møder os.



vinpressen



Figur 3. Forenklede skitser af henholdsvis den malolaktiske og den maloethanoliske omsætning.

Tabel 5. Sammenligning af biologiske strategier

Parameter	MLF	Maloethanolisk gær	Kommentar	Potentiale
Primær proces	Æblesyre → Mælkesyre	Æblesyre → Ethanol + CO ₂	Forskellig metabolisme	Høj
Stabilitet	Kræver bakterier	Ingen MLF nødvendig	Afhænger af stil	Middel
Velegnet ved pH < 3,1	Usikker	Ofte fordelagtig	Kræver stammevalg	Høj
Sensorik	Blødere syre	Bevarer friskhed	Afhænger af vin	Middel-Høj

Perspektiver

En interessant udvikling er sekventiel anvendelse af Maloethanoliske gærtyper sammen med andre non-*Saccharomyces* gær for at kombinere kontrolleret afsyring med større aroma-kompleksitet. Dette område udvikler sig hurtigt og forventes at få stigende betydning i kølige vinregioner.

Del 4 – Lav-alkoholiske vine med nedsat æblesyreindhold

En sidste alternativ mulighed for at nedsætte æblesyreindholdet i sine vine er ved at bruge non-*Saccharomyces* gærtyper som f.eks. *Metschnikowia pulcherrima*, *Pichia Kluyveri*, *Tondaspora delbrueckii*, samt visse maltose negative *Saccharomyces cerevisiae*. Der er dog oftest kun tale om ingen eller få procent æblesyre-nedbrydning, men i betragtning af de stigende interesse for non- og lav-alkoholiske vine, skal de nævnes der. Disse non-*Saccharomyces* gærtyper forhandles både af Novonesis (tidligere Chr. Hansen), Lallemand og flere andre og bruges allerede i udviklingsarbejdet med alkoholfri vine, f.eks. hos Domaine de Chavin pierre-chavin.com i Sydfrankrig.

Ligesom ølmarkedet i stigende grad efterspørger disse produkter, er der også en forskning i gang på vinområdet, og jeg tænker i en senere artikel at tage dette emne op til specifik behandling. Det er bemærkelsesværdigt, at der både i Frankrig, Tyskland og Italien allerede nu er en stærkt stigende efterspørgsel på de lav-alkoholiske produkter.

Ad Notam

I nedenstående referencer henviser vi til tidligere artikler skrevet om samme emne (1, 2), samt to nylig producerede podcasts (3, 4), som også behandler samme emne. Endvidere er i 2021 fremstillet en PowerPoint præsentation (5), som ligeledes behandler problemerne med MLF på de sure vine, specielt grundvine til mousserende vinfremstilling. En omfattende gennemgang af den malolaktiske bakterielle proces er at finde i Lallemand bog – "Malolactic Fermentation – Importance of Wine Lactic Acid

Bacteria in Winemaking" (6). En mere general gennemgang af den malolaktisk proces er at finde i Mike Miller's oversigtsartikel – "Malolactic Fermentation" (7). Flere andre forfattere har også tidligere skrevet i Vinpressen om den malolaktiske proces. Hensigten med denne oversigtsartikel er ud over at fremhæve specielle MLF-produkter særligt egnet til sure vine med lavt pH, også at fremhæve det noget simplere alternativ, den maloethanoliske gærtype.

Referencer

1. Brogren, C.-H. (2021). Malolaktisk gæring af sure grundvine til mousserende vinfremstilling. ERFA Mousse Sjælland Zoom-møde 29. april 2021. <https://vinosigns.dk/wp-content/uploads/2021/05/ERFA-Mousse-Sjælland-Zoom-29.4.2021-FINALx4.pdf>
2. Brogren C.-H. og Hansen N.S. (2018). En ny malolaktisk bakteriestamme "Viniflore Sparta" med høj surhedsresistent forbedrede aromaprofiler i OriOn hvidvin. Vinpressen, Sæmnummer VitiNord 2018-4, 23-25. https://vinosigns.dk/wp-content/uploads/2019/01/Vinpressen_2018_4_VitiNord_pp23-251.pdf.pdf
3. Brogren C.-H. (2026) Kan vigtige egenskaber hos de maloethanoliske gærtyper forbedre nordisk vinkvalitet? Vinpressen 2022-3, 20-25. https://vinosigns.dk/wp-content/uploads/2022/06/C.-H.-Brogren-Maloethanolisk-g%C3%A6r-2korr_Vinpressen_3-2022-20-25.pdf
4. Brogren C.-H. og Brogren, A. E. (2026): Malolaktisk behandling, – Acast Podcast Nr. 6 i serien "Fra Drue til Glas", Sæson 1, Episode 6, April 2026. <https://shows.acast.com/fra-drue-til-glas/episodes/fra-drue-til-glas-malolaktisk-behandling>
5. Brogren C.-H., Frees N. og Brogren A.E. (2026): Maloethanolisk gæring – Acast Podcast nr. 7 i serien "Fra Drue til Glas", Sæson 1, Episode 7, Juli 2026.
6. Lallemand- (2015): Malolactic Fermentation- Importance of Wine Lactic Acid Bacteria in Winmaking" <https://admin.lallemandwine.com/wp-content/uploads/2015/10/Lallemand-Malolactic-Fermentation.pdf>
7. Institute Oenologie de Champagne: Malolactic fermentation and much more - https://ioc.eu.com/wp-content/uploads/2023/01/A4_Brochure_Bacteries_IOC_EN.pdf
8. Miller M. (2015): Malolactic Fermentation – eBook-2 https://www.accuvin.com/wp-content/uploads/2015/04/Malolactic-Fermentation.pdf?srsltid=AfmBOorNfjh8Qz7-82xjGCqe7VZ1_8JN4xmEVGmR_gB5YhFbll3WEKy
9. Lerm E, Engelbrecht L, and du Toit M. (2010): Malolactic Fermentation: The ABC's of MLF. S. Afr. J. Enol. Vitic. 31 (2) 186-212. <https://scholar.sun.ac.za/server/api/core/bitstreams/9aa71e4e-d1b6-411f-bbac-63171ff5c0f/content>
10. Vion, C., Yeramian, N., Hranilovic, A., Masneuf-Pomarède, I., & Marullo, P. (2024). Influence of yeasts on wine acidity: new insights into *Saccharomyces cerevisiae*. OENO One, 58 (4). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.4.7877>

For supplerende referencer, datablade for relevante produkter, yderligere figurer og tabeller henvises til det supplerende materiale på FDV's hjemmeside, (Suppl. Fig. 1, Suppl. Tabel 1 og 2) der giver en mere detaljeret oversigt over både de syreresistente MLF produkter, et udvalgt af maloethanoliske gærtyper, samt som noget nyt også visse non-*Saccharomyces* gærtyper, der p.t. primært anvendt i den alkoholfri ølproduktion.