De bedste bobler – radiologien som sommelier

Henrik Steglich-Arnholm, Caroline Ewertsen, Jesper Kromann, Tine Kaya, Martin Bjerregaard Wied & Martin Lundsgaard Hansen



ORIGINALARTIKEL

Radiologisk Klinik, Rigshospitalet

Ugeskr Læger 2019:181:V70798 10-9-8-7-6-5-4-3-2-1 »Godt nytår«. Champagnepropperne springer i mange hjem, når rådhusklokken slår midnat nytårsaften. Mousserende vin blev introduceret i 1600-tallet og er siden da associeret med mange festlige begivenheder [1]. Boblernes brus er en essentiel del af oplevelsen og dermed vigtig for kvaliteten af mousserende vin – de er det første, der fanger ens blik, de er med til at give lyden, når flasken åbnes, og når de brister, frigives aroma, der forstærker smagen og komplementerer følelsen i munden [2-4]. Vellagret kvalitetschampagne har mindre og mere persisterende bobler end ung mousserende vin, idet den opløste CO₂ forsvinder over tid [5]. Derfor kan boblerne i ung mousserende vin være svære at skelne fra boblerne i danskvand og andre CO₂-holdige drikkevarer.

Boblerne i mousserende vin kommer fra gæring af sukker. En klassisk champagnedrue, Chardonnay, indeholder ca. 20% sukker. Denne mængde er ideel til gæring, og Chardonnay giver typisk små bobler. Små, hurtige og kontinuerlige bobler bliver blandt champagnekendere vurderet som det bedste [6]. Gæring er også årsag til kulsyredannelsen i øl. I danskvand tilsættes boblerne typisk ved at overmætte væsken i en lukket beholder med CO2, hvilket gør boblerne mere kaotiske og kraftige end i mousserende vin, især hvis vandet er meget mineralholdigt [7]. Bobler spiller også en vigtig rolle i radiologien. CO₂-angiografi er en metode, hvor CO₂ bruges som negativ kontrast ved endovaskulære procedurer hos patienter, der ikke tåler iodholdige kontraststoffer pga. påvirket nyrefunktion eller kontrastallergi [8]. Også UL-skanningskontraststof er baseret på mikrobobler, som, i modsætning til og MR-skanningskontraststof, forbliver intravaskulært. De tre kommercielt tilgængelige kontraststoffer består alle af en gas, der er dækket af en lipidskal, som forstærker UL-signalet [9]. Inden for de seneste to årtier er efterspørgslen på billeddiagnostik steget meget, ikke kun i sundhedssektoren, men også i fødevareindustrien [10-12].

Formålet med vores studie var at vurdere, om man med tre forskellige billedmodaliteter – CT, MRskanning og UL-skanning – kunne vurdere størrelse, intensitet og henfald af bobler i tre forskellige mousserende vine, i to forskellige danskvand og, for at nå et bredere publikum, også i en standardpilsnerøl med demineraliseret vand som reference. Endvidere var formålet at vurdere, om der var en sammenhæng mellem de objektive mål og et smagspanels subjektive vurdering af boblerne.

METODER

Generelt

Alle deltagere – mennesker og væsker – blev nøje udvalgt og gav selv eller via værge informeret samtykke til at deltage. Data blev indsamlet og opbevaret efter de europæiske GDPR-regler. Studiet blev godkendt af den lokale »seasonal science committee«. Ingen af deltagerne var på vagt i løbet af studiet og ingen kørte hjem efterfølgende.

Bobler

Syv forskellige væsker, fire med alkohol og tre uden, blev udvalgt og opbevaret på køl (prøve 1-7, gennemsnitsvægt 100,8 g (\pm 13,2 g)). Prøve 1 var en billig danskvand, prøve 2 var demineraliseret vand beregnet til brug i strygejern, prøve 3 var en 100% certificeret, økologisk Cava, prøve 4 var en dyr danskvand, prøve 5 var en vintagechampagne fra 2008, prøve 6 var en anden, dyrere vintagechampagne fra 1996, og prøve 7 var en standardpilsnerøl. De mousserende vine blev nøje udvalgt af en af forfatterne, der har stor erfaring i champagnesmagning (smagt > 1.000champagner) ud fra følgende kriterier: forskellig type bobler, forskellig alder, pris inden for forskningsbudgettet (støttet af forfatterne) og vurderet af verdens top 5-champagneeksperter [6]. Druer, alkohol, sukkerindhold og ekspertvurdering af de mousserende vine ses i Tabel 1.

Billeddiagnostik

Skanningerne blev udført i tre runder. Først blev prøve 1-3 skænket og skannet, herefter prøve 4-6. Prøve 7 blev skænket, skannet og smagt for sig selv, da flere af forfatterne tidligere har haft dårlige erfaringer med at blande vin og øl. Alle temperaturer blev noteret. Til CT og MR-skanning blev alle prøver skænket i kommercielt tilgængelige champagneglas (**Figur 1**E) af typen champagnefløjte og ikke champagnebæger for at undgå at introducere bias fra bedømmerne. Det siges, at champagnebægre er støbt på *Marie Antoinettes* berømte bryster [5]. Prøverne til UL-skanning blev skænket i glatte, hypoallergene, TABEL 1 / Alkohol, drue og sukkerindhold i de syv undersøgte prøver samt resultater fra de objektive målinger med CT, MR-skanning og UL-undersøgelse.

					UL-undersøgelse: bobler, n/ boblestørrelseª			MR-skanning: boble- intensitet ^b /boblestørrelse ^a		CT: Hounsfieldværdi°	
Prøve nr.	Alkohol, %	Type – vinekspertvurdering	Drue/plante	Sukker- indhold, g/l	0-min- skanning	10-min- skanning	35-min- skanning	0-min- skanning	20-min- skanning	0-min- skanning	20-min- skanning
1	0	Billig danskvand	-	-	25/L	4/M	0	1/M	1/S	-11	-11
2	0	Demineraliseret vand	-	-	0	0	0	0	0	12	11
3	12	Cava - 86/100 point	Xarello 37% Macabeu 33% Parellada 25% Chardonnay 5%	5,3	156/M	33/M	46/S	5/S	3/S	-18	-20
4	0	Dyr danskvand	-	-	4/S	0	0	1/L	1/M	-13	-13
5	12	Champagne – 94/100 point	Pinot Noir 48% Chardonnay 52%	9,5	93/L	26/L	21/M	3/M	2/M	4	3
6	12	Champagne – 90/100 point	Chardonnay 100%	2,0	8/L	5/S	5/S	5/S	4/S	-20	-20
7	4,6	Pilsner	Bygmalt, byg, humle	30	34/M	52/M	32/M	1/M	1/M	19	21

a) Lille (S), blandet (M), stor (L).

b) 0-5 = ingen bobler - virkelig mange bobler.

c) Skala: luft (-1.000), fedt (-70--30), vand (0), muskler/bløddele (20-40), knogler (+1.000).

fleksible, kommercielt tilgængelige gummihylstre fra apoteket. Gummihylstrene blev lukket med en knude for at undgå overløb. CT og MR-skanning blev udført til T = 0 og T = 20 min. UL-skanning blev udført til T = 0, T = 10 og T = 35 min. T = 0 blev defineret som den første skanning.

СТ

Alle skanninger blev udført på en 640 slice-CT-skanner dækkende 16 cm. Parametrene var 80 kV og 350 mAs med volumenskiver på 0,5/0,5 mm og multiplanar rekonstruktion på 2 mm. For vand og vin blev tre prøver skænket og skannet ad gangen. Alle billeder blev kontrolleret for synlige luftbobler. Da vi kun så ganske få bobler blev Hounsfield (HU)-værdier målt i et område med en diameter på 1,5 cm tæt på overfladen i midten af glassene.

MR-skanning

Alle skanninger blev udført på en 3T-MR-skanner med en 40 kanal hoved-hals-coil. Protokollen indeholdt gradient ekko, diffusion tensor imaging (DTI), en flowsekvens (Ciss3d) og en T1-vægtet volumeninterpoleret »bubble-hold«-sekvens (3D VIBE). Glassene blev markeret med fiskeoliekapsler for at holde styr på prøverne. Ligesom ved CT blev tre prøver skænket og skannet ad gangen i samme rækkefølge som ved CT. Alle sekvenser blev eksporteret til en separat arbejdsstation til videre analyse. Bobleintensiteten blev vurderet med en sekspunktsskala, hvor 0 var ingen bobler og 5 var virkelig mange bobler. Boblestørrelse blev vurderet med en trepunktsskala, hvor FIGUR 1 / Forsøgssetup: A. Tredimensionel volumenrekonstruktion af champagneflaske. B. MR-forsøgsopstilling i skanneren. C. UL-skanning i vandbad. D. Testpanelet, der forbereder sig på den lange, hårde smageproces. E. CT (scoutbillede) af tre forskellige design af champagneglas. Mundblæst kvalitetschampagnebæger, standardchampagnefløjte og hvidvinsglas.



S var små bobler, M var blandet størrelse bobler, og L var store bobler. Bobleintensitet og størrelse blev vurderet på DTI-sekvensen.

VIDENSKAB

FIGUR 2 / Spørgeskema, der blev udfyldt af testpanelet.

B∉	ST.	BUBR	SLE S	A	Evaluator	B∉S	T BUB.	BLES	Evaluator
	Y	V	W			Mouthfeel			
Fonsa	0 ₀	1-3 foci	+3 foci			None	Tingly	Bubbly	Foamy
	Ą	Ą	. 7			Taste			
	0	thin	thick			None	dry	sweet	
BUDBLES	Á	Ţ	and it.	0.0		Smell			
	0	 small	⊥ mixed	large		None	mild	intense	
MOURATION OF EARM	\forall	₩×	\ <u>`</u>	-6					
	0	decay	Contine	ous					
SOUND	¥.	(international states)							
	0	silent	loud						

UL-skannina

UL-skanningerne blev udført med et high-end-UL-system med en 9 MHz lineær transducer. Der blev brugt kontrastprogram med todelt skærm og et mekanisk indeks på 0,13 efter gældende retningslinjer [9]. Alle gummihylstre blev skannet i et vandbad med en gennemsnitstemperatur på 24,9 °C og på tværs af hylstrets længderetning under vand for at undgå luftansamling under transduceren (Figur 1C). Prøverne blev skannet i samme rækkefølge som ved CT og MRskanning. Videoklip på 10 s blev gemt, og nye bobler blev talt på hvert videoklip. Boblestørrelse og intensitet blev vurderet med de samme skalaer som ved MRskanning.

Smagning

Fra april til juni 2019 blev flere personer screenet til mulig deltagelse i smagspanelet. Inklusionskriterier var: alder > 18 år, højt niveau af humor og interesse for innovativ billeddannelse af mad- og drikkevarer. Eksklusionskriterier var: vagtfunktion, dårlige erfaringer med mousserende vine og alkoholfri diæt. Af de fem tilbageværende deltagere var en nødt til at trække sig fra smagspanelet for at sikre, at alle registreringer og smagninger blev udført pseudoblindet. Fire deltagere udgjorde smagspanelet (tre mænd og en kvinde) med en medianalder på 35 år (tidligere erfaring med nytårsaften: 31-40 aftener). Alle deltagere smagte de syv prøver i samme tilfældige rækkefølge. Alle prøver blev serveret i rene champagneglas. Spørgeskemaet var lavet specielt til lejligheden af forfattergruppen med inspiration fra forskellige evalueringssystemer inklusive »the Bespoke Unit Evaluation Form« [13] og parametre, der var relevante for subjektiv vurdering af mousserende vine blev udvalgt efter anbefalinger fra Det Danske Socialforskningsinstitut [14]. Både visuelle karakteristika, smag og følelse i munden (mouthfullness) blev registreret (Figur 2). Den visuelle vurdering blev foretaget før smagning.

Statistik

Deskriptiv statistik blev udført i Excel. De objektive målingers prædiktive værdi på de subjektive målinger blev analyseret med lineær regression for hver kombination af målingstype og -tid samt subjektiv skala, hvor den numeriske værdi på den subjektive skala



blev brugt. P-værdierne repræsenterer en dobbeltsidig test for nulhypotesen (ingen sammenhæng mellem de objektive og de subjektive målinger). Analyserne blev udført i SAS statistical software version 9.4.

Data- og resultatdeling

Filerne til analyse er ikke tilgængelige til deling. Selvom de i manuskriptet vurderede prøver ikke længere er tilgængelige, er forfatterne tilgængelige til deling af fremtidige prøveflasker – efter aftale. Resultaterne af dette studie vil blive delt blandt vores kolleger, venner og familie, og hvem end vi måtte møde over et glas champagne.

Studieregistrering: ikke relevant.

RESULTATER

Med UL-skanning viste de tre mousserende vine og øllen mere vedvarende bobler end danskvand, hvor der enten var meget få eller ingen bobler efter 10 min og slet ingen bobler efter 35 min (Tabel 1). Overraskende havde den fineste champagne kun ganske få, men meget vedvarende bobler ved UL-skanning. Med MR-skanning havde de mousserende vine en høj bobleintensitet, der langsomt aftog over tid, mens danskvandene og øllen havde lav bobleintensitet. Efterhånden som boblerne aftog, blev de i de mousserende vine og danskvandene mindre i størrelse målt ved både UL- og MR-skanning. Dette var mere udtalt for danskvandene end for de mousserende vine (Tabel 1). Øllen havde meget vedvarende bobler ved både UL- og MR-skanning, og det demineraliserede vand afgav ingen bobler. CT viste forskellig HU-værdi for de forskellige væsker, selvom man ikke kunne måle henfaldet af boblerne (Tabel 1).

Figur 3 viser et heat map af sammenhængen mellem UL-skanning, MR-skanning og CT samt smagsvurderingen. De objektive målinger fra UL- og MRskanningerne var korreleret til flere faktorer fra smagsevalueringen end CT (Figur 3).

Der var ingen tegn på beruselse hos smagspanelet, der opførte sig pænt og viste stor (men ikke for stor) entusiasme (data ikke vist).

DISKUSSION

Dette er det første studie til vurdering af drikkevarer med bobler med CT, UL-skanning og MR-skanning med DTI. Med UL- og MR-skanning kunne man vurdere intensiteten, størrelsen og varigheden af boblerne, mens CT havde en utilstrækkelig spatial opløsning til, at man kunne vurdere individuelle bobler. Vi kunne dog se en forskel i HU-værdier med CT.

Vi så en forskel i de talte bobler og boblestørrelsen for alle tre mousserende vine over tid med ULskanning. På MR-skanning var forskellen i bobleintensitet mindre udtalt i begyndelsen, men efter 20 min var der en klar forskel på de tre mousserende vine. Den objektive vurdering i de sene målinger med ULog MR-skanning viste en bedre sammenhæng med smagsvurderingerne end i de tidlige målinger, hvilket kan skyldes at smagningen blev gennemført tættere på 20 min end 0 min, efter at flaskerne var åbnet. Alle de objektive målinger fra UL- og MR-skanning var, noget overraskende, korreleret til vurderingen af smagen (tør, sød eller ingen smag), hvilket formentlig skyldes konfounding fra andre egenskaber i prøverne.

På CT havde prøve 5 og 7 højere HU-værdier end de fire andre prøver med bobler og også højere end demineraliseret vand. Dette kan skyldes et højere sukkerindhold og for øllen også højere proteinindhold (Tabel 1). Derfor kan HU-værdien være mere bestemt af de opløste substanser i væsken end af dens bobler, hvilket gør boblekarakterisering med CT umulig.

Bobler fra mousserende vine er ikke tidligere blevet vurderet med MR-DTI (Figur 4A). Boblerne har typisk en opadgående bevægelse med et spiralmønster, og det er uvist, om retningen er afhængig af Corioliseffekten [15]. Standardmatrix på 128 × 112 for DTI kan formentlig ikke vise retningen af boblerne tilstrækkeligt. Med større bobler opstår der en mere irregulær interaktion mellem boblerne i vortexen. De signalforandringer, der observeredes, er derfor formentlig mere et resultat af den forskellige boblestørrelse end af anisotropi. De øjensynligt tilfældige bevægelser og den tilfældige opståen af bobler virker måske kun tilfældig, fordi vi ikke helt forstår de tilgrundliggende mekanismer. Tidligere er de blevet forbundet med kaosteori, men bedre temporal og spatial opløsning i skannerne og brug af kunstig intelligens kan måske bidrage til bedre at forstå (og løse) kaos [5] – hvilket alkohol allerede har været brugt flittigt til gennem tiden.

Selvom den dyre champagne kun viste få bobler på UL-skanning (Figur 4B), var det tydeligt, at henfaldet af bobler var langsommere end for begge danskvand, hvor der ikke var nogen bobler at se efter 35 min. Den lille størrelse af boblerne og det langsomme henfald af dem i vellagret champagne gør denne til et potentielt godt kontraststof til fremstilling af små kar med både UL-skanning og digital subtraktionsangiografi hos patienter med nedsat nyrefunktion og kontraststofallergi. Desuden kunne kontraststof med alkohol have positive bivirkninger i form af mild sedation. Vi fandt det dog ikke etisk korrekt (af mange åbenlyse grunde) at vurdere denne mulige (mis)brug af vellagret champagne som intravaskulært kontraststof, selvom der var frivillige forsøgspersoner.

VIDENSKAB

FIGUR 4 / A. MR-diffusion tensor imaging-farvekodede fraktionsanisotropikort for de syv prøver til tiden T = 0 min og 20 min. Hvert billede er et tværsnitsbillede af et enkelt snit i midten af champagneglasset. Farverne indikerer retningen på diffusionen: grøn = bund til top og rød og blå = side til side-bevægelser. Højere diffusion giver stærkere farver. B. UL-skanningsbilleder fra de syv prøver. Boblerne fremstår som lyse prikker, der bevæger sig fra bunden til toppen. Den lyse ring er plastikhylsteret i vandbadet. Prøve 6 viser hvordan en typisk boble ser ud med ultralyd, når den dannes.



Svagheder

Vores studie har enkelte svagheder. Prøverne var udvalgt ud fra en antagelse om, at de havde forskellige boblekarakteristika. Vi sammenlignede vores skanningsresultater med smagsvurderingen fra vores eget mere (eller mindre) erfarne testpanel og mere standardiserede ekspertvurderinger. Vi kunne dog ikke finde standardiserede ekspertvurderinger for danskvandene og slet ikke for det demineraliserede vand beregnet til strygejern. Selvom vi brugte en »bubblehold«-sekvens ved MR-skanning var det meget vanskeligt for prøverne at efterkomme dette. Vi brugte forskellige beholdere til CT, MR-skanning og ULskanning (relativt billige champagneglas og gummihylstre – begge ofte inden for rækkevidde nytårsaften), men mener ikke, at det har haft indvirken på vores resultater.

KONKLUSIONER

Vurdering af bobler ved hjælp af UL- og MR-skanning kan være et redskab til objektiv evaluering af mousserende vin og synes at være korreleret til subjektiv smagsvurdering. Vurdering af bobler med CT kræver flere undersøgelser, før der kan gives anbefalinger.

KORRESPONDANCE: Henrik Steglich-Arnholm. E-mail: seasonalscience@hippoandhorse.com

ANTAGET: 12. november 2019

PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK: 9. december 2019

INTERESSEKONFLIKTER: Forfatternes ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

TAKSIGELSER: Seniorstatistiker *M. Eeg*, ME-TA, takkes for professionel statistisk rådgivning. *C.F. Andersen* og *S.K. Barnung* takkes for lån af de fine glas til figuren.

STØTTE: Forsøget modtog ikke støtte, for at sikre uafhængighed af prøverne og testpanelet.

LITTERATUR

- 1. Epstein BS. Champagne: a global history. Reaktion Books Ltd, 2011.
- Liger-Belair G. The physics and chemistry behind the bubbling properties of champagne and sparkling wines: a state-of-the-art review. J Agric Food Chem 2005;53:2788-802.
- 3. Chandrashekar J, Yarmolinsky D, von Buchholtz L et al. The taste of carbonation. Science 2009;326:443-5.
- Dessirier JM, Simons CT, Carstens MI et al. Psychophysical and neurobiological evidence that the oral sensation elicited by carbonated water is of chemogenic origin. Chem Senses 2000;25:277-84.
- Liger-Belair G. UNCORKED: The Science of Champagne. Princeton University Press, 2004.
- 6. Juhlin R. 4000 Champagnes. Flammarion, 2005.
- 7. The science of champagne bubbles. https://www.dw.com/en/thescience-of-champagne-bubbles/a-16488545-0 (30. jul 2019).
- Cho KJ. Carbon dioxide angiography: scientific principles and practice. Vasc Spec Int 2015;31:67-80.
- Claudon M, Dietrich C, Choi B et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast enhanced ultrasound (CEUS) in the liver – update 2012. Eur J Ultrasound 2012;34:11-29.
- Ewertsen C, Kromann J, Hansen ML. MR-vurdering af optimal tilberedning af traditionel svineudskæring til jul – et randomiseret, blindet studie. Ugeskr Læger 2018;180:V70270.
- Smith-Bindman R, Miglioretti DL, Larson EB. Rising use of diagnostic medical imaging in a large integrated health system. Health Aff 2008;27:1491-502.
- Nakashima Y. Development of a single-sided nuclear magnetic resonance scanner for the in vivo quantification of live cattle marbling. Appl Magn Reson 2015;46:593-606.
- Bespoke Unit. How do you taste champagne? https://bespokeunit. com/champagne/tasting/ (30 jul 2019).
- Olsen H. Guide til gode spørgeskemaundersøgelser. Socialforskningsinstituttet, 2006.
- Suñol F, González-Cinca R. Effects of gravity level on bubble formation and rise in low-viscosity liquids. Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys 2015;91:5-8.