

Schadhefen, wilde Hefen, Fremdhefen

ÜBERBLICK | Dieser Artikel ist eine Kurzversion des wissenschaftlichen BrewingScience-Artikels „Fermentation and Spoilage Yeasts and their Relevance for the Beverage Industry – A Review“ aus dem Jahr 2012 [14]. Der Artikel fasste damals den Stand des Wissens zum Thema Schadhefen und „wilde Hefen“ zusammen und kann als Übersichtsartikel bei Problemen mit diesen Mikroorganismen zu Rate gezogen werden.

DAS ZUSAMMENGEFASSTE Wissen dieses Artikels ist immer noch aktuell, und in der täglichen Betriebspraxis treten Kontaminationen mit wilden Hefen häufig auf (z.B. kontaminierte Sauergerätnanlagen, Propagationsanlagen oder Anstellwürzen). Deshalb erachteten die Autoren es für sinnvoll, das Wissen des BrewingScience-Artikels aus dem Jahr 2012 einer breiteren Leserschaft in der BRAUWELT anzubieten.

Der vorliegende Artikel definiert und fasst viele Begrifflichkeiten zu der Thematik Schadhefen, wilde Hefen und Fremdhefen in Getränken zusammen und kann als kurzes erstes, Nachschlagwerk betrachtet werden, falls eine wilde Hefe in einem Getränkeprozess identifiziert wurde.

■ Begriffsdefinition

Die Begriffe wilde Hefen, Fremdhefen und Schadhefen werden oft als Synonyme benutzt, wobei es aber sinnvoll ist, diese Begriffe abzugrenzen. Wilde Hefen und Fremdhefen fassen Hefearten bzw. -stämme zusammen, welche nicht mit dem Produkti-

onsstamm/der Starterkultur identisch sind [2, 15]. D. h. Fremdhefen müssen nicht unbedingt obligate, potentielle oder indirekte Schädlinge alkoholischer Getränke sein. Sie können auch latent in einem Getränk oder in dessen Produktionsumgebung vorliegen, ohne eine Schädigung hervorzurufen [2]. Der Begriff Schadhefen impliziert hingegen, dass hier zugehörige Hefen eine indirekte oder direkte Produktschädigung verursachen [15]. In den Herstellungsprozessen alkoholischer Getränke können Schadhefen während der Gärung mit der Betriebshefe bzw. mit der „gewollten“ Hefe (bei Spontan- oder Mischgärungen) konkurrieren und den Gärverlauf negativ beeinflussen [2, 19]. So kann z. B. ein untergäriger Brauereihefestamm in einem Bier-Produktionsprozess, der mit einem anderen untergärigen Stamm arbeitet, eine Schadhefe darstellen [2, 13]. Gärstörungen und die Bildung von ungewollten Aromen in Zwischenprodukten gehören zu den indirekten Produktschädigungen und sind oft irreversibel [2].

■ Produktvorschädigungen durch indirekte Schadhefen

Indirekte Schadhefen zeichnen sich dadurch aus, dass sie das fertige alkoholische Getränk nicht unmittelbar schädigen können, jedoch im Produktionsbereich Produktvorschädigungen verursachen können [2]. Indirekte Schädigungen treten

häufig in der Starterkultur und während der Angärung auf [2]. Werden indirekte Schädigungen frühzeitig erkannt, können sie durch entsprechende Maßnahmen (Verschneiden, scharfe Filtration) beseitigt werden [2].

Eine direkte Produktschädigung eines fertigen alkoholischen Getränks findet durch Schadhefen statt, die dessen Milieu tolerieren und darin wachstumsfähig sind [15]. Indirekte Schadhefen sind hauptsächlich Primärkontaminanten, d. h. sie treten im Prozess vor der Abfüllung auf, wohingegen direkte Schadhefen (potentielle, obligate) Primär- und Sekundärkontaminanten sein können, d. h. sie können in jeder Prozessstufe (auch nach der Abfüllung) wachsen [29]. Bei filtrierten, alkoholischen Getränken liegt das Endprodukt (aus mikrobieller Sicht) nach der Filtration vor, bei destillierten Getränken nach der Destillation, bei unfiltrierten Getränken ist diese Grenze der Zeitpunkt, ab dem das Produkt keinen weiteren Änderungen produktspezifischer Parameter unterliegt (langfristige Ausbauprozesse ausgenommen, wie z. B. Wein- oder Whiskylagerung).

Der Zeitpunkt, an dem sich das Endprodukt aus mikrobiologischer Sicht nicht mehr ändert, ist auch die Grenze für direkte bzw. indirekte Schädigung. In Tabelle 1 sind die indirekten und direkten Schadhefearten verschiedener alkoholischer Getränke aufgelistet. Relativ junge Getränkekategorien stellen die Bier-, Wein- und Spirituosenmischgetränke dar. Aussagekräftige, umfassende Studien zur Schadhefen-Anfälligkeit existieren bisher nur für Biermischgetränke [7, 16].

■ Schadhefen in Mischgetränken

Mischgetränke setzen sich aus zwei Anteilen zusammen, zum einen aus einem alkoholischen Getränk und zum anderen aus einem alkoholfreien Getränk. Die zugesetzten alkoholfreien Getränke variieren meist sehr in ihrer Zusammensetzung (Zuckeranteil,

Autoren: Dr. Mathias Hutzler, Prof. Fritz Jacob, Forschungszentrum Weihenstephan für Brau- und Lebensmittelqualität, TU München, Freising

INDIREKTE UND DIREKTE SCHADHEFEN VERSCHIEDENER GETRÄNKETYPEN
 [2, 8, 10, 11, 16, 18, 19]

Getränktyp	Indirekte Schadhefen	Direkte Schadhefen
Bier		
Bier	<i>S. spp. (bayanus, cerevisiae, pastorianus), C. spp. (inconspicua, intermedia, rugosa, sake, stellata, tropicalis), Debaryomyces hansenii, H. uvarum, I. orientalis, K. exigua, Kluyveromyces marxianus (v. a. Sauergut), Kregervanrija fluxuum, P. spp. (fermentans, jadinii, membranifaciens), R. glutinis, Saccharomycopsis fibuligera, Saccharomycodes ludwigii, W. anomalus</i>	<i>S. spp. (bayanus, pastorianus, cerevisiae, cerevisiae var. diastaticus), B. spp. (custersianus, nanus), D. spp. (anomala, bruxellensis)</i>
Biermischgetränke	siehe Bier (indirekte und direkte Schadhefen)	<i>S. spp. (bayanus, cerevisiae, cerevisiae var. diastaticus, paradoxus, pastorianus), B. naardenensis, D. spp. (anomala, bruxellensis), K. exigua, L. kluyveri, N. castelli, Sch. pombe</i>
Wein		
Traubenwein	<i>S. spp. (bayanus, cerevisiae, pastorianus), C. spp. (boidinii, glabrata, inconspicua, norvegica, parapsilosis, rugosa, sake, stellata, tropicalis, zeylanoides), Cryptococcus laurentii, Debaryomyces spp. (etchellsii, hansenii), H. spp. (guilliermondii, uvarum), I. orientalis, Torulaspora delbrueckii, K. exigua, Kluyveromyces marxianus Kregervanrija fluxuum, L. kluyveri, M. pulcherrima, P. spp. (guilliermondii, jadinii, membranifaciens, farinosa, fermentans), R. spp. (glutinis, mucilaginoso), Saccharomycopsis fibuligera, Sch. pombe, T. delbrueckii, W. spp. (anomalous, subpelliculosa)</i>	<i>S. spp. (cerevisiae), D. spp. (anomala, bruxellensis), Saccharomycodes ludwigii, Zygosaccharomyces spp. (bailii, rouxii)</i>
Apfelwein	<i>S. spp., C. spp. (anglica, boidinii, cidri, norvegica, pomicola), Hanseniaspora spp. (uvarum, osmophila, valbyensis), M. pulcherrima, P. spp. (guilliermondii), Saccharomycodes ludwigii</i>	<i>S. spp. (bayanus, cerevisiae), D. spp. (anomala, bruxellensis), Z. bailii</i>
Weinmischgetränke	Siehe Traubenwein (indirekte und direkte Schadhefen)	Keine detaillierten Literaturangaben
Destillierte alkoholische Getränke		
Whisk(e)y	siehe Bier	–
Cognac, Armagnac, Brandy	siehe Wein	–
Spirituosenmischgetränke (Alkopops)	–	Keine detaillierten Literaturangaben
Indigene fermentierte Getränke		
Alkoholische Getränke, die mit unkontrollierter bzw. semi-kontrollierter Hefeflora produziert werden	Hefearten, die sich von den eingesetzten Betriebsarten unterscheiden und Gärverlauf und Produktqualität negativ beeinflussen	Hefearten, die im fertigen Produkt wachstumsfähig sind und dieses schädigen

Tab. 1

-spektrum, Säfte, Aromen, Antioxidantien, Konzentrate, Fruchtauszüge, Stabilisatoren, pH-Wert, Farbstoffe) und ihrem Mischungsanteil [16]. Das potentielle Schadhefespektrum eines Mischgetränks hängt von seinem Rezept und seinen Milieueigenschaften ab [16]. Als indirekte Schadhefen der Mischgetränke können die Schadhefen der alkoholischen Getränke Bier und Wein betrachtet werden, da diese Getränke hier als Zwischenprodukte zu sehen sind. Für den Limonadenanteil besteht im Regelfall keine indirekte Schädigungsgefahr, da die wenig anfälligen Limonadenrohstoffe (Sirus, Konzentrate, Aromen) erst kurz vor dem eigentlichen Mischprozess (z. B. Inlineasmischung) mit dem alkoholischen Getränk zur alkoholfreien Komponente ausgemischt werden [27]. Erst nach dem

Ausmischen ist das Milieu vorteilhaft für Schadhefen.

Direkte Schadhefen für Biermischgetränke sind in Tabelle 1 aufgeführt. Destillierte alkoholische Getränke und deren Anteil für Spirituosenmischgetränke sind durch den hohen Alkoholgehalt für Schadhefe-Kontaminationen und häufig niedrige Konzentrationen an Stickstoffquellen unanfälliger. Die Schadheflora für Bier und Wein und Apfelwein ist ausgiebig erforscht [2, 10, 11, 19]. Über das Schadhefespektrum in Fruchtweinen existieren keine umfassenden Studien, es ist jedoch davon auszugehen, dass es mit dem in Wein und Apfelwein vergleichbar ist. Ähnlich verhält es sich im Bereich der indigenen fermentierten Getränke. Für indigene Getränke lässt sich die Aussage für direkte und

indirekte Schadhefen treffen, welche in Tabelle 1 angegeben ist. Da für viele indigene Getränke noch die an der Gärung beteiligten Hefearten identifiziert werden müssen, um kontrollierte Prozesse mit definierten Starterkulturen zu gewährleisten, steht die Erforschung der Schadheflora bislang noch im Hintergrund.

Schadhefen in alkoholfreien Getränken

Eine begrenzte Anzahl von Hefearten kann in alkoholfreien Getränken, welche definierte mikrobiologische Umgebungsbedingungen bieten, gefunden werden. Viele Hefearten halten diesen Bedingungen nicht dauerhaft stand [31]. Eine sehr große Anzahl von Hefearten verschiedener Gattun-

GRUPPIERUNG DER HEFEARTEN AUS ALKOHOLFREIEN GETRÄNKEN (SOFTDRINKS) UND DEREN PRODUKTIONSUMGEBUNGEN NACH IHREM SCHAD- UND GÄRPOTENTIAL (MODIFIZIERT NACH [3-5, 10, 22, 31])

Gärpotential	I Schadhefearten	II Potentielle Schadhefearten/ Hygienearten	III Hygienearten
gärkräftig	<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. bayanus</i>	
	<i>Z. bailii</i>	<i>Zygotorulaspora florentinus</i>	
gärfähig	<i>K. exigua</i>	<i>I. orientalis</i>	
	<i>Sch. pombe</i>	<i>L. fermentati</i>	
	<i>Z. rouxii</i>	<i>L. kluyveri</i>	
	<i>Z. bisporus</i>	<i>T. delbrueckii</i>	
	<i>Z. lentus</i>	<i>T. microellipsoides</i>	
gärschwach	<i>B. naardenensis</i>	<i>C. boidinii</i>	<i>C. lactis-condensi</i>
	<i>D. anomala</i>	<i>C. davenportii</i>	<i>C. sake</i>
	<i>D. bruxellensis</i>	<i>C. etchellsii</i>	<i>C. solani</i>
		<i>C. intermedia</i>	<i>C. tropicalis</i>
		<i>C. parapsilosis</i>	<i>C. lusitaniae</i>
		<i>C. stellata</i>	<i>D. etchellsii</i>
		<i>Debaryomyces hansenii</i>	
		<i>H. uvarum</i>	
		<i>L. thermotolerans</i>	
		<i>Lodderomyces elongisporus</i>	
		<i>P. fermentans</i>	
		<i>P. minuta</i>	
		<i>P. guilliermondii</i>	
		<i>W. anomalus</i>	
Atmungshefe (nicht gärfähig)		<i>C. inconspicua</i>	<i>(Aureobasidium pullulans)</i>
		<i>P. membranifaciens</i>	<i>Cryptococcus albidus</i>
			<i>Cryptococcus laurentii</i>
			<i>Rhodotorula glutinis</i>
			<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>

Tab. 2

DURCH HEFEWACHSTUM VERURSACHTE VERDERBNIS-EFFEKTE IN GETRÄNKEN (MODIFIZIERT NACH [20])

Getränkegruppe	Verderbnis-Effekte				
	Gasproduktion	Trübung	Bodensatz	Filmbildung	Fehlaromen
filtrierte, alkoholische Getränke (z. B. Bier, Wein)	+	+	+	+	+
alkoholfreie Getränke (Softdrinks)	+	+	+	-	+

Tab. 3

gen wurde aus alkoholfreien Getränken isoliert [1, 21, 23-26, 28, 30, 32]. Viele der isolierten Hefen wirken sich nicht auf alkoholfreie Getränke aus, da sie zufällig „in das Getränk gelangen“, nicht wachstumsfähig sind oder in kurzer Zeit absterben.

Die wirklich schädlichen Hefearten aus dieser Hintergrundflora zu erkennen, ist von Bedeutung [31]. In diesem Zusammenhang wurden Hefearten aus alkoholfreien

Getränken nach Davenport in drei verschiedene Kategorien eingeordnet [9, 31]. Tabelle 2 enthält Hefearten der Kategorie I-III, wobei Kategorie I Schadhefen beinhaltet, die das Potential haben, aus einer Zelle pro Gebinde zu wachsen und das Getränk zu verderben [9]. Hefearten aus Kategorie II können Verderb verursachen, wenn Produktionsfehler stattfinden oder wenn es sich um ein mikrobiell anfälliges Getränk handelt

[9]. Sie tauchen bei guter Betriebshygiene nur in niedrigen Zellzahlen auf. In Kategorie III sind Arten zu finden, die als Hygienekeime bezeichnet werden können, die häufig als Indikatorkeime eingesetzt werden und im Regelfall keinen Verderb verursachen. Hefearten der Kategorie IV sind Arten aus Fremdhabitaten, welche normalerweise nicht im Produktionsbereich alkoholfreier Getränke beheimatet sind. Als Beispiel ist *Kluyveromyces lactis* zu nennen, welche typischerweise aus dem Molkereibereich stammt. Wird diese Hefe in der Produktion alkoholfreier Getränke (AfG) gefunden, ist dies ein Indiz, dass ein Kontakt mit Molkeprodukten oder -equipment stattfand [31]. Back teilt die Hefearten der AfG-Industrie nach ihrem Gärpotential ein, nämlich in gärkräftige, gärfähige, gärschwache und nicht gärfähige Arten [3, 4]. In Tabelle 2 sind die Hefearten der Kategorien I-III dem entsprechendem Gärpotential zugeordnet.

ERRECHNETES PROZENTUALES AUFTRETEN/VORKOMMEN (%) VON AUSGEWÄHLTEN SCHADHEFEARTEN (AUS 96 SCHADHEFEARTEN) IN FRÜCHTEN, ALKOHOLFREIEN GETRÄNKEN, BIER UND WEIN (MODIFIZIERT NACH [10])

Schadhefeart	Vorkommen (%)	Schadhefeart	Vorkommen (%)
<i>Brettanomyces naardenensis</i>	0,09	<i>Pichia angusta</i>	0,58
<i>Candida apicola</i>	0,65	<i>Pichia burtonii</i>	0,55
<i>Candida glabrata</i>	0,86	<i>Pichia fermentans</i>	1,60
<i>Candida intermedia</i>	0,74	<i>Pichia guilliermondii</i>	2,40
<i>Candida parapsilosis</i>	1,38	<i>Pichia jadinii</i>	0,74
<i>Candida sake</i>	1,72	<i>Pichia membranifaciens</i>	4,43
<i>Candida stellata</i>	1,66	<i>Rhodotorula glutinis</i>	2,58
<i>Candida tropicalis</i>	1,85	<i>Rhodotorula minuta</i>	0,55
<i>Candida versatilis</i>	0,92	<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	3,45
<i>Cryptococcus albidus</i>	1,45	<i>Saccharomyces bayanus</i>	1,85
<i>Cryptococcus laurentii</i>	0,92	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	6,40
<i>Debaryomyces hansenii</i>	4,61	<i>Saccharomyces pastorianus</i>	0,92
<i>Dekkera anomala</i>	0,65	<i>Saccharomyces ludwigii</i>	1,01
<i>Dekkera bruxellensis</i>	0,43	<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	1,69
<i>Hanseniaspora guilliermondii</i>	1,01	<i>Sporobolomyces roseus</i>	0,83
<i>Hanseniaspora uvarum</i>	3,20	<i>Torulaspora delbrueckii</i>	4,68
<i>Issatchenkia orientalis</i>	3,23	<i>Torulaspora microellipsoidea</i>	1,11
<i>Kazachstania exigua</i>	1,11	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	4,25
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	2,21	(früher <i>Pichia anomala</i>)	
<i>Kregervanrija fluxuum</i>	1,11	<i>Wickerhamomyces subpelliculosa</i>	1,29
<i>Lachancea kluyveri</i>	0,65	(früher <i>Pichia subpelliculosa</i>)	
<i>Lachancea thermotolerans</i>	0,98	<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	4,76
<i>Lodderomyces elongisporus</i>	0,55	<i>Zygosaccharomyces bisporus</i>	0,92
<i>Metschnikowia pulcherima</i>	2,46	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	3,20

Tab. 4

Getränkerelevante Schadhefen – eine Übersicht

Der Verderb von Getränken durch Schadhefen kann diverse Erscheinungsbilder aufweisen. Die Verderbnis-Effekte, die in alkoholfreien und alkoholhaltigen Getränken auftreten können, zeigt Tabelle 3. Gasproduktion, Trübung, Bodensatz und Fehlgerüche durch Schadhefen können in beiden Getränkegruppen auftreten [20]. Lediglich die Filmbildung tritt nur bei alkoholischen Getränken auf [20].

Deak und Beuchat beschreiben das errechnete prozentuale Auftreten/Vorkommen von 96 Schadhefearten in Früchten, alkoholfreien Getränken, Bier und Wein [10]. Tabelle 4 listet das prozentuale Auftreten ausgewählter Hefearten auf.

Im oberen Abschnitt ist aufgeführt, welche Schadhefearten indirekte und direkte Schädigung der verschiedenen Getränke verursachen können. Die Kombination dieser Daten mit der prozentualen Verteilung aus Tabelle 4 lässt eine Voreinstufung

des Schadpotentials einer Hefeart und der Schadenswahrscheinlichkeit dieser Hefeart für einen bestimmten Getränketyp zu. Des Weiteren sind in einem wissenschaftlichen Übersichtsartikel und in der Dissertation von Hutzler et al. detaillierte Informationen zu den bedeutenden getränkeschädlichen Hefearten und nah verwandten nicht-getränkeschädlichen Hefearten aufgeführt [12, 14]. Die Hefearten sind darin in alphabetischer Reihenfolge beschrieben und beinhalten zusätzliche Informationen zu ihrem Vorkommen/Auftreten und einer Beschreibung der getränketechnologisch relevanten Wachstums- und Stoffwechseleigenschaften. Im Besonderen wird auf die Resistenz gegenüber Konservierungsstoffen, die Osmotoleranz und die Temperaturbeständigkeit der verschiedenen Hefearten eingegangen. Auf morphologische Beschreibungen

und physiologische Verwertungsspektren (z.B. für Zucker, Stickstoffquellen) wird nur zum Teil eingegangen, da für diese Zwecke Nachschlagewerke und Datenbanken von z. B. Barnett et al., Boekhout et al., Kurtzman und Fell, Robert et al. existieren [5, 6, 17, 22].

Literatur

1. Back, W.: „Taxonomische Untersuchungen an limonadenschädlichen Hefen“, Monatsschrift für Brauwissenschaft 32, 1979, Nr. 6, S. 145-154.
2. Back, W.: Farbatlas und Handbuch der

Abkürzungen

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| <i>B. Brettanomyces</i> | <i>N. Naumovia</i> |
| <i>C. Candida</i> | <i>P. Pichia</i> |
| <i>Cry. Cryptococcus</i> | <i>R. Rhodotorula</i> |
| <i>D. Dekkera</i> | <i>S. Saccharomyces</i> |
| <i>H. Hanseniaspora</i> | <i>S. c. Saccharomyces cerevisiae</i> |
| <i>I. Issatchenkia</i> | <i>Sch. Schizosaccharomyces</i> |
| <i>K. Kazachstania</i> | <i>T. Torulaspora</i> |
| <i>L. Lachancea</i> | <i>W. Wickerhamomyces</i> |
| <i>M. Metschnikowia</i> | <i>Z. Zygosaccharomyces</i> |

- Getränkemikrobiologie, Auflage: Fachverlag Hans Carl, 1994.
3. Back, W.: Farbatlas und Handbuch der Getränkemikrobiologie, Auflage: Fachverlag Hans Carl, 1994.
 4. Back, W.: „Mikrobiologie der Getränke“, Heyse, K.-U. (Hrsg.): Praxishandbuch der Brauerei, 2007.
 5. Barnett, J. A.; Payne, R. W. and Yarrow, D.: Yeasts: characteristics and identification, 3. Auflage: Cambridge University Press, 2000.
 6. Boekhout, T.; Robert, V.; Smith, M.; Stalpers, J.; Yarrow, D.; Boer, P.; Gijswijt, G.; Kurtzman, C. P.; Guého, J. W.; Guillot, J. and Roberts, I.: Yeasts of the World 2.0, Auflage: ETI Biodiversity Center, 2002.
 7. Bohak, I. und Back, W.: „Biermischgetränke – Mikrobiologie“, Heyse, K.-U. (Hrsg.): Praxishandbuch der Brauerei, 2007.
 8. Coton, E.; Coton, M.; Levert, D.; Casaregola, S. und Sohier, D.: „Yeast ecology in French cider and black olive natural fermentations“, *Int J Food Microbiol* 108, 2006, Nr. 1, S. 130-5.
 9. Davenport, R. R.: „Forensic microbiology for soft drink business“, *Soft Drinks Management International* 4, 1996, S. 34-35.
 10. Deak, T. und Beuchat, L. R.: Handbook of food spoilage yeasts, CRC Press, 1996.
 11. Fugelsang, K. C. und Edwards, C. G.: Wine microbiology, 2. Auflage: Springer Inc., 2007.
 12. Hutzler, M.: Entwicklung und Optimierung von Methoden zur Identifizierung und Differenzierung von getränkerelevanten Hefen, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München, Dissertation, 2009.
 13. Hutzler, M.; Geiger, E. und Rainieri, S.: 41. Technologisches Seminar, 2008. Nachweis von Fremdhefen in obergärigen und untergärigen Brauereikulturhefen mittels Real-Time PCR, Freising-Weihenstephan.
 14. Hutzler, M.; Riedl, R.; Koob, J. und Jacob, E.: „Fermentation and Spoilage Yeasts and their Relevance for the Beverage Industry – A Review“, *Brewing Science* 65, 2012, March/April, 2012, S. 33-47.
 15. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg: Real-time PCR screening and identification assays for beer and beverage spoilage yeasts 2007.
 16. Hutzler, M.; Wellhoener, U.; Tenge, C. und Geiger, E.: „Beer mixed beverages: dangerous spoilage yeasts, susceptible beverages“, *BRAUWELT International* 26, 2007, S. 206-211.
 17. Kurtzman, C. P. und Fell, J. W.: The yeasts, a taxonomic study, 4. Auflage, Elsevier, 1998.
 18. Kurtzman, C. P.; Robnett, C. J. und Yarrow, D.: „Three new species of *Candida* from apple cider: *C. anglica*, *C. cidri* and *C. pomicola*“, *Antonie Van Leeuwenhoek* 80, 2001, Nr. 3-4, S. 237-44.
 19. Loureiro, V. und Malfeito-Ferreira, M.: „Spoilage yeasts in the wine industry“, *Int. J. Food Microbiol.* 86, 2003, Nr. 1-2, S. 23-50.
 20. Loureiro, V. und Querol, A.: „The prevalence and control of spoilage yeasts in foods and beverages“, *Trends in Food Sci. Technol.* 10, 1999, Nr. 11, S. 356-365.
 21. Put, H. M. C.; De Jong, J.; Sand, F. E. und Van Grinsven, A. M.: „Heat resistance studies on yeast ssp. causing spoilage in soft drinks“, *J. Appl. Bacteriol.* 52, 1982, S. 135-152.
 22. Centralbureau voor Schimmelcultures: CBS yeast database 2004.
 23. Sand, F. E. M. J.: „Hefen als Begleitflora in alkoholfreien Getränken“, *BRAUWELT* Nr. 9, 1983, S. 329-332.
 24. Sand, F. E. M. J.; Kolfshoten, G. A. und Van Grinsven, A. M.: „Yeasts isolated from proportioning pumps employed in soft drink plants“, *Monatsschrift für Brauwissenschaft* 29, 1976, S. 294-298.
 25. Sand, F. E. M. J. und van Grinsven, A. M.: „Comparison between the yeast flora of Middle Eastern and Western European soft drinks“, *Antonie Van Leeuwenhoek* 42, 1976, Nr. 4, S. 523-532.
 26. Sand, F. E. M. J. und Van Grinsven, A. M.: „Investigation of yeast strains isolated from Scandinavian Breweries“, *Monatsschrift für Brauwissenschaft* 29, 1976, S. 353-355.
 27. Schwarzenberger, M. J.: „Die Abfüllung von Biermischgetränken“, *BRAUWELT* Nr. 18/19, 2002, S. 647-649.
 28. Smith, M. T. und van Grinsven, A. M.: „*Dekkera anomala* sp. nov., the teleomorph of *Brettanomyces anomalus*, recovered from spoiled soft drinks“, *Antonie Van Leeuwenhoek* 50, 1984, Nr. 2, S. 143-148.
 29. Storgårds, E.: Process hygiene control in beer production and dispensing, Technical Research Centre of Finland (VTT), University of Helsinki, Dissertation, 2000.
 30. Stratford, M.: „Food and beverage spoilage yeasts“, Querol, A. und Fleet, G. H. (Hrsg.): Yeasts in food and beverages, 2006.
 31. Stratford, M. und James, S. A.: „Non-alcoholic beverages and yeasts“, Boekhout, T. und Robert, V. (Hrsg.): Yeasts in food, 2003.
 32. Zaake, S.: „Nachweis und Bedeutung getränkeschädlicher Hefen“, *Monatsschrift für Brauwissenschaft* 8, 1979, S. 350-356.