

Die Mikroflora des Sauerteiges

VII. Mitteilung: Untersuchungen über die Art der in „Reinzuchtsauern“ auftretenden Hefen* **

Gottfried Spicher, Reinhard Schröder und Konrad Schöllhammer

Bundesforschungsanstalt für Getreide- und Kartoffelverarbeitung, Schützenberg 12, D-4930 Detmold 1, Bundesrepublik Deutschland

The Microflora of Sourdough

VII. Communication: Yeast Composition of Sourdough Starters

Summary. The yeasts which occur in sourdough starters („Reinzuchtsauer“) were investigated. The research was carried out with „Reinzuchtsauer“ of two different producers. The microorganism content of the „Reinzuchtsauer“ amounted to 1.7×10^5 to 1.4×10^6 yeasts and 2.0×10^7 to 2.0×10^8 bacteria/g. 44 yeast cultures were isolated from the „Reinzuchtsauer“. These could be subdivided into four groups from their morphological and physiological characteristics. As a result of the identification they could be assigned to the species *Candida krusei* (27 strains), *Saccharomyces cerevisiae* (11 strains), *Pichia saitoi* (2 strains), and *Torulopsis holmii* (4 strains).

Zusammenfassung. Es wurde eine Untersuchung über die in den zum Anstellen einer Sauerteiggärung verwendeten „Reinzuchtsauer“ vorkommenden Hefen durchgeführt. Die Untersuchungen wurden an „Reinzuchtsauern“ zwei verschiedener Hersteller vorgenommen. Der Keimgehalt der untersuchten „Reinzuchtsauer“ belief sich auf $1,7 \times 10^5$ bis $1,4 \times 10^6$ Hefen/g und $2,0 \times 10^7$ bis $2,0 \times 10^8$ Bakterien/g. Aus den „Reinzuchtsauern“ wurden insgesamt 44 Hefe-Stämme isoliert. Diese konnten anhand ihrer morphologischen und physiologischen Merkmale in vier Gruppen untergliedert werden. Die Befunde der im weiteren zu ihrer Identifizierung vorgenommenen Untersuchungen erlaubten eine Zuordnung der in „Reinzuchtsauern“ auftretenden Hefen zu den Arten

Candida krusei (27 Stämme), *Saccharomyces cerevisiae* (11 Stämme), *Pichia saitoi* (2 Stämme) und *Torulopsis holmii* (4 Stämme).

Die Sauerteiggärung ist ein kompliziertes biologisches System, in dem Mikroorganismen verschiedenster Art, mit unterschiedlichen Ansprüchen und unterschiedlichen biochemischen Leistungen zueinander in Wechselbeziehung treten. Soweit es die im Sauerteig auftretenden Milchsäurebakterien anbelangt, wurden bereits vor Jahrzehnten Untersuchungen zur Aufklärung der beteiligten Arten eingeleitet. Die Frage nach den im Sauerteig vorkommenden Hefen und deren Identität hat hingegen bislang keine befriedigende Aussage erbracht. Nur von wenigen Autoren ist eine genaue Klassifizierung vorgenommen worden. Zumeist beschränkten sie sich auf die Beschreibung einiger morphologischer und physiologischer Merkmale. Die Nachforschungen nach den Hefen des Sauerteiges führten daher zumeist nur zu einer Einteilung in zwei Gruppen, die als „große, runde bis ovale Formen mit gutem Gärvermögen, starkem Wachstum und Säurefestigkeit“ und „kleine, runde bis ovale Hefen mit geringem Wachstum und fehlendem bis sehr schwachem Gärvermögen“ umschrieben wurden. Die großzelligen Hefen wurden aufgrund des häufigen Auftretens, der starken Triebkraft (Vergärung von Saccharose, Glucose, Fructose, Maltose und Raffinose), des großen Vermehrungsvermögens, der physiologischen Eigenschaften und der Säurefestigkeit als eigentliche „Sauerteighefen“ angesehen [1, 2]. Soweit eine weitergehende Identifizierung vorgenommen wurde, führte diese zu einer Zuordnung zu den Gattungen *Saccharomyces*, *Hansenula*, *Torulopsis*, *Mycoderma* und *Candida*. Dabei werden als typisch für den Sauerteig die Arten *Saccharomyces ellipsoideus* [3], *Saccharomyces exiguus* bzw. *To-*

* Nr. 4575 der Veröffentlichungen der Bundesforschungsanstalt für Getreide- und Kartoffelverarbeitung, Detmold

** Diese Untersuchungen wurden ermöglicht durch eine finanzielle Förderung seitens des Bundesministeriums für Forschung und Technologie im Rahmen des Programmes „Biologie und Technik“

rulopsis holmii [4–6], *Saccharomyces turbidans* [4] und *S. marchalianus* [4] beschrieben. Zudem beschränken sich die bisherigen Untersuchungen über die an der Sauerteiggärung beteiligten Hefen auf Spontansauer- teige und Sauerteige. Der vielfach zum Anfrischen der Sauerteige verwendete „Reinzuchtsauer“ fand bislang keine Behandlung. Diese Feststellung gab letztlich den Anlaß für die im vorliegenden Zusammenhange zu er- örternden Untersuchungen.

Material und Methoden

Die Ermittlungen über die Zusammensetzung der Hefeflora von „Reinzuchtsauern“ erfolgten an Erzeugnissen von zwei Herstellern.

Die *Untersuchung der „Reinzuchtsauer“* erstreckt sich auf den pH-Wert und den Säuregrad [7]. Des weiteren erfolgt eine Ermittlung der Keimzahl an Hefen und Bakterien nach der Kochschen Platten- methode [7], unter Verwendung von Würze-Agar (Oxoid) und Sa- bouraud-Glucose-Agar (Merck), als auch nach der Zählkammer- Methode [8].

Zur *Isolierung von Reinkulturen* aus den jeweiligen Verdün- nungsstufen der Gußplattenkultur Hefekolonien abimpfen und auf Würze-Agar als auch auf Sabouraud-Glucose-Agar Reinigungsaus- striche durchführen. Nach Bebrütung und Anwachsen der ausgestri- chenen Kultur abermals Kolonien in Bouillon überimpfen und für weitere fünf Tage bebrüten. Eine mikroskopische Kontrolle entschei- det, ob weitere Reinigungsausstriche erforderlich sind. Die Reinkul- turen auf Schrägagarröhrchen austreichen.

Zur *Differenzierung der isolierten Hefen* das Schema nach Lod- der [9] als auch nach Beech et al. [10] heranziehen.

Die ermittelten *morphologischen Merkmale* beziehen sich auf Kulturen in Morphologie-Bouillon [11]. Zusammensetzung der Mor- phologie-Bouillon (g/l): Pepton aus Fleisch, tryptisch 5,0, Malzextrakt 3,0, Hefeextrakt 3,0, Glucose 10,0 (pH 4; mittels einer 25%igen Essigsäure einstellen).

Riesenkolonie durch Auftragen eines Impfpunktes in die Mitte einer mit Würzeagar (Oxoid CM 247) gefüllten Kulturschale und Kultur bei 10 °C gewinnen.

Nachweis der Fähigkeit zur *Bildung von Pseudomycel* nach [11] an einer Objektträgerkultur (25 °C, 3–4 Tage) auf Kartoffel-Glucose-Agar (Merck, Art.-Nr. 10130).

Zur *Initiierung der Bildung von Askosporen* eine Kultur auf Fo- well-Acetat-Agar [9], Gorodkova-Agar [11] als auch auf Gipsblö- ken [12] ansetzen und bei 25 °C bebrüten. Nach 3 Tagen erste Über- prüfung auf Sporenbildung. Tritt diese im Verlauf von 2–4 Wochen nicht ein, die Hefe als asporogen bezeichnen. Fowell-Acetat-Agar (g/l): wasserfreies Na-Acetat 5,0, Kaliumjodid 2,3, Agar-Agar 20,0 (pH 6,5; mit 0,1 n-NaOH einstellen); Gorodkova-Agar (g/l): Pepton aus Fleisch 10,0, Glucose 14,0, Kochsalz 5,0, Agar-Agar 20,0; Herstel- lung der Gipsblöcke: $\text{CaSO}_4 \times \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ mit Wasser zu gleichen Teilen mischen und in konische Alu-Formen gießen, trocknen lassen und für 2–3 Std bei 120 °C trockensterilisieren.

Prüfung der *Vergärung verschiedener Zucker* in einem Grundme- dium folgender Zusammensetzung vornehmen: 0,45% Hefeextrakt (Oxoid), 0,75% Pepton (Oxoid). Das Medium auf pH 6,4 einstellen. Zu 5 ml in Reagenzröhrchen abfüllen und jeweils 2 ml sterilfiltrierte Zuckerlösungen zusetzen: 6%ige Lösung Glucose, Galactose, Sac- charose, Maltose und Lactose, 8%ige Lösung Melibiose, 12%ige Lö- sung Raffinose. Beimpfen mit 1–2 Tropfen einer 24–48 Std alten Kul- tur in Morphologie-Bouillon. Im Verlauf von 10 Tagen (25 °C) täg- lich auf Gasbildung prüfen [10].

Überprüfung der *Assimilation von C-Verbindungen* in einer steri- lfiltrierten 0,67%igen Yeast-Nitrogen-Base-Lösung (BBL Nr. 12101) unter Zusatz von 0,5% des zu testenden Substrates vorneh-

men [10]. Beimpfen mit 0,1 ml einer gewaschenen Hefesuspension und 24 Tage bei 25 °C bebrüten. Wöchentlich auf Trübung überprü- fen [11].

Nachweis der Stärkebildung: Zu 9 ml einer 3%igen Glucoselösung 1 ml einer 6,7%igen Yeast-Nitrogen-Base-Lösung (BBL) geben. Me- dium mit einer Öse voll Hefekultur beimpfen, Doppelversuch anset- zen und nach 7 als auch 14 Tagen mit Lugolscher Lösung (Merck, Nr. 9261) auf Stärkebildung (= Blaufärbung) prüfen [10].

Nachweis der Säurebildung: Glucose-Hefeextrakt-Agar verwenden, als Schrägagarröhrchen abzufüllen. Hefekultur austreichen und bei 25 °C bebrüten. Im Verlaufe von 10 bis 15 Tagen prüfen, ob das trü- be Medium sich klärt [11]. Glucose-Hefeextrakt-Agar (g/l): Glucose 50,0, Hefeextrakt 20,0, Schlammkreide (CaCO_3) 5,0, Agar-Agar 20,0.

Nachweis der Assimilation von Nitrat: zu 0,5 ml einer 11,7%igen Yeast-Carbon-Lösung (BBL, Nr. 11839) 4,5 ml einer 0,78%igen KNO_3 -Lösung geben. Beimpfen mit 0,1 ml einer 24–48 Std alten, zweimal gewaschenen und mit 2 ml physiol. Kochsalzlösung aufge- nommenen Kultur. 7 Tage bei 25 °C bebrüten, danach erneut 0,1 ml überimpfen in 5,0 ml frisches Medium und 7 Tage bebrüten. Starke Trübung = Nitratassimilation [10].

Ergebnisse

Die untersuchten „Reinzuchtsauer“ waren durch einen pH-Wert von 3,8 und einen Säuregrad bis zu 28,5 (Rz-Sauer B) gekennzeichnet. Sie besaßen einen säuerlichen bis stechend sauren Geruch. Entsprechend des nach dem Kulturplattenverfahren ermittelten Keimgehaltes stand die Keimzahl der Hefen zur Keimzahl der Sauer- teigbakterien im Verhältnis von 1:120 (Rz-Sauer A) bis 1:140 (Rz-Sauer B).

Aus den „Reinzuchtsauern“ wurden insgesamt 44 Hefe-Reinkulturen isoliert. Diese konnten anhand ih- rer morphologischen Merkmale und ihres physiologi- schen Verhaltens in vier Gruppen einander ähnlicher Stämme untergliedert werden. Eine dieser Gruppen war in beiden Herkünften nachzuweisen. Die Hefen der drei anderen Gruppen traten jeweils nur in einem der beiden Produkte auf (Tabelle 2).

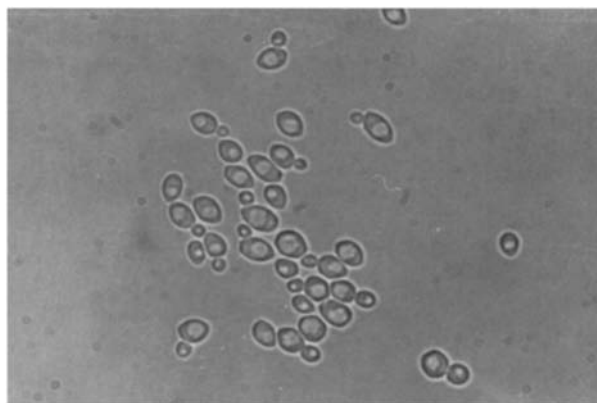
Der Gattung Saccharomyces (Meyen) Rees zugeordne- te Hefen des Reinzuchtsauers

Bei den Hefen, die nur in Reinzuchtsauern der Her- kunft „A“ auftreten, handelt es sich um Formen mit großen, runden bis ovalen Zellen, die multilateral sprossen (Abb. 1). Diese liegen zumeist einzeln oder in kurzen Sproßketten vor; diploide Zellen wandeln sich in Asken mit 1 bis 4 runde, glatte Sporen um. Bei Wachstum in Bouillon-Kulturen ist eine Trübung, nach 24 Std auch ein Bodensatz, zu beobachten. Auf der Oberfläche von Agarmedien bilden diese Hefen gelbliche bis bräunliche, schwach glänzende Kolonien aus.

Die der Gattung *Saccharomyces* zugeordneten He- fen vermögen Glucose, Galactose, Saccharose, Malto-

Tabelle 1. Mikrobieller Keimgehalt der untersuchten „Reinzuchtsauer“

Verfahren der Keimgehalts- ermittlung	Durchschnittlicher Keimgehalt/g			
	Hefen bei Reinzuchtsauer		Bakterien bei Reinzuchtsauer	
	A	B	A	B
Kulturplatte	$1,7 \times 10^5$	$1,4 \times 10^6$	$2,0 \times 10^7$	$2,0 \times 10^8$
Thomakammer	$< 1,0 \times 10^6$	$1,5 \times 10^8$	$3,9 \times 10^9$	$5,2 \times 10^9$

**Abb. 1.** Morphologie einer der Gattung *Saccharomyces* zugeordneten Hefe (400fache Vergrößerung)**Tabelle 2.** Aus „Reinzuchtsauern“ isolierte Hefen und ihre systematische Zuordnung

Nachgewiesene Hefe sp.	Anzahl der Stämme	Nachweis in Reinzuchtsauer	
		A	B
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11	×	
<i>Pichia saitoi</i>	2	×	×
<i>Candida krusei</i>	27		×
<i>Torulopsis holmii</i>	4		×

se und zu $\frac{1}{3}$ auch Raffinose zu vergären. Eine Stärkebildung wurde nicht beobachtet. Werden die nachgewiesenen Merkmale (Tabelle 3) in Vergleich zu der von Lodder [9] gegebenen Beschreibung gesetzt, dann ergibt sich eine Identifizierung als *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabelle 3. Die morphologischen und physiologischen Merkmale der aus „Reinzuchtsauern“ isolierten Hefen

Merkmale	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Pichia saitoi</i>	<i>Candida krusei</i>	<i>Torulopsis holmii</i>
Morphol. Merkmale				
Zellform	Rund bis oval	Klein, oval bis elliptisch	Groß, elliptisch bis langgestreckt	Rund bis kurzoval
Kolonie	Gelblich-weiß, cremefarben bis bräunlich, schwach glänzend bis feucht	Bräunlich mit weißer matter Oberfläche, gewellter Rand, z. T. rhizoide Ausläufer	Grau-weiß mit flachen rhizoiden Ausläufern	Bräunlich, erhaben glatt mit gefurcetem Rand
Pseudomycel	Sproßketten	Sproßverbände mit langgestreckten Zellen am Rand	Üppig, mit Blastosporen	
Sporen	Kugelig bis oval, glatt; 1-4 Sporen je Askus	Kugelig bis oval, glatt; 2-4 Sporen je Askus	Asporogen	Asporogen
Biochem. Merkmale				
Nitratassimilation	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ
Säurebildung	Positiv	Negativ	Variabel	Positiv
	Fermentation/Assimilation	Fermentation/Assimilation	Fermentation/Assimilation	Fermentation/Assimilation
Glucose	+	+	+	+
Galactose	+	⊖	⊖	+
Saccharose	+	⊖	⊖	+
Maltose	+	⊖	⊖	⊖
Lactose	⊖	⊖	⊖	⊖
Raffinose	$\frac{1}{3}$	⊖	⊖	$\frac{1}{3}$
Melibiose	⊖	⊖	⊖	⊖
Äthanol	⊖	+	⊖	+

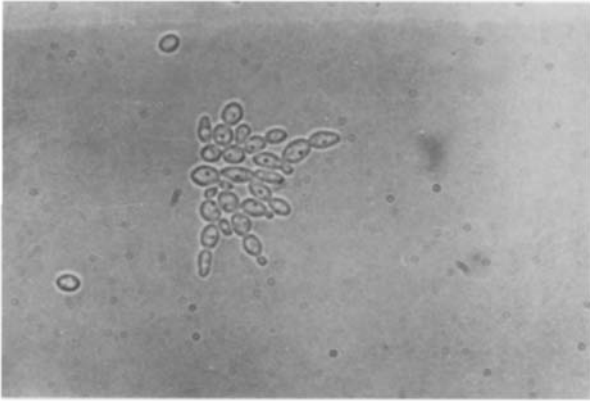


Abb. 2. Morphologie einer der Gattung *Pichia* zugeordneten Hefe (400fache Vergrößerung)

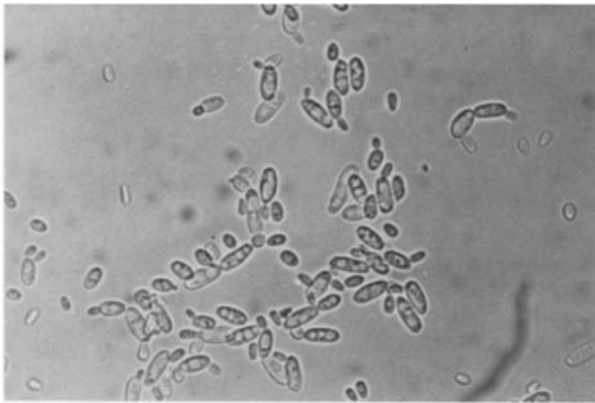


Abb. 3. Morphologie einer der Gattung *Candida* zugeordneten Hefe (400fache Vergrößerung)

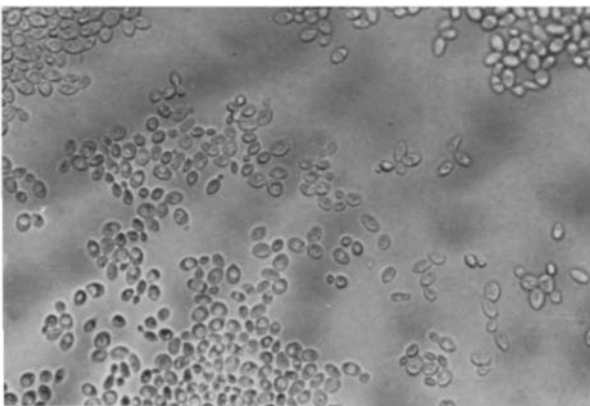


Abb. 4. Morphologie einer der Gattung *Torulopsis* zugeordneten Hefe (400fache Vergrößerung)

Der Gattung Pichia (Hansen) zugeordnete Hefen des Reinzuchtsauers

Dieser Gruppe sind Hefen zugeordnet worden, die kleine, ovale bis elliptische Zellen ausbilden (Abb. 2). Sie sprossen unregelmäßig, multilateral. Bouillon-Kulturen zeigen eine Trübung, nach 2–3 Tagen tritt eine

schleimige Haut auf. Ebenfalls ist ein schleimiger Bodensatz zu beobachten. Die Kolonie auf der Oberfläche fester Kultursubstrate ist von gelblich-brauner Farbe mit matt-weißer Oberfläche und stark gewelltem Rand, z. T. treten rhizoide Ausläufer auf.

Das Gärvermögen dieser Hefen ist sehr begrenzt. Von den angebotenen C-Verbindungen vermochten sie nur Glucose schwach zu vergären. Die Assimilation beschränkte sich auf Glucose und Äthanol. Stärke wird nicht gebildet (Tabelle 3). Den Angaben von Lodder [9] zufolge sprechen diese Merkmale weitgehend für die Art *Pichia saitoi* Kodama, Kyono Kodama.

Der Gattung Candida (Berkhout) zugeordnete Hefen des Reinzuchtsauers

Diese Hefen geben sich durch ihre großen, elliptischen bis langgestreckten Zellen, die rundum sprossen und verzweigte Sproßverbände bilden, zu erkennen (Abb. 3). Bei Kultur in Bouillon tritt eine Trübung mit Ringbildung und eine schwach ausgeprägte Kahmhaut auf. Es entsteht nur ein spärlicher Bodensatz. Die Bildung von Pseudomycel mit Blastosporen ist bei Hefen dieser Art stark ausgeprägt. Die Kolonie auf der Agaroberfläche ist grau-weiß gefärbt und besitzt eine matte bis schwach glänzende Oberfläche mit rhizoiden Ausläufern.

Die der Gattung *Candida* nahestehenden Hefen vergären nur Glucose und vermögen Glucose und Äthanol oxidativ zu verwerten. Die Prüfung auf Stärkebildung fällt negativ aus (Tabelle 3). Nach Angaben von Lodder [9] treffen die ermittelten Merkmale für eine Hefe der Art *Candida krusei* (Cast.) Berkhout zu.

Der Gattung Torulopsis (Berlese) zugeordnete Hefen des Reinzuchtsauers

Die sich als Vertreter der Gattung *Torulopsis* ausweisenden Hefen sind kleinzellig (kleiner als *S. cerevisiae*) und von runder bis kurz-ovaler Form (Abb. 4). Eine Sprossung erfolgt multilateral. In Bouillon-Kultur ist ähnlich wie bei den aus Sauerteigen isolierten Hefen der Art *Saccharomyces cerevisiae* anfänglich eine Trübung des Kulturmediums zu beobachten. Mit andauernder Kultur bildet sich ein Bodensatz. Auf der Oberfläche fester Kultursubstrate lassen sich diese Hefen an einer cremefarbenen bis bräunlichen Kolonie mit glatter, glänzender Oberfläche erkennen.

Die Fermentation dieser Gruppe von Hefen beschränkt sich auf Glucose, Galactose, Saccharose und Raffinose. Gleichfalls vermögen sie C-Quellen oxidativ zu verwerten. Im Gegensatz zu *S. cerevisiae* tritt keine Maltose-Fermentation und -Assimilation auf. Eine Stärkebildung war nicht zu beobachten (Tabelle 3). Eine Hefe mit den beschriebenen Merkmalen ist nach Lodder [9] als *Torulopsis holmii* anzusprechen.

Diskussion

Dem biologischen Geschehen im Sauerteig liegen eine Hefegärung und eine Milchsäuregärung zugrunde. Ursprünglich war vornehmlich die von der Hefegärung ausgehende Gasbildung und die daraus resultierende Teiglockerung Zweck der Anwendung des Sauerteiges. Seit der Jahrhundertwende wird der Sauerteig mehr und mehr als Säuerungsmittel genutzt. Jedoch hat die Frage nach den für die Säuerung ursächlichen Bakterien weitaus häufiger eine Behandlung erfahren – und die Kenntnisse über die in Sauerteig auftretenden Milchsäurebakterien sind weitaus umfassender – als die Frage nach den im Sauerteig vorkommenden Hefen. Dies gilt insbesondere für den zum Anstellen der Sauerteige verwendeten „Reinzuchtsauer“, über dessen Hefeflora bislang noch keine Aussagen vorliegen. Wurde einmal die Frage nach den Hefen des Sauerteiges gestellt, dann stand weniger der Nachweis der Hefearten bzw. deren Klassifizierung im Vordergrund des Interesses als das Auffinden einer gärintensiven Heferasse. Letztlich ist daher ein Vergleich der vorliegenden Befunde mit den Beschreibungen älterer Autoren kaum möglich.

Die beiden „Reinzuchtsauer“, die in die beschriebenen Untersuchungen einbezogen wurden, finden in den Bäckereien der Bundesrepublik Deutschland verbreitet Anwendung als Starter zum Ansetzen eines Sauerteiges bzw. zur Einleitung der Sauerteiggärung. In einem vorangegangenen Zusammenhange konnte aufgezeigt werden, daß sich beide Produkte hinsichtlich ihrer Bakterienflora unterscheiden [13]. Während die Reinzuchtsauer der Herkunft B ein breites Spektrum homo- und heterofermentativer Milchsäurebakterien enthält, sind in Reinzuchtsauern der Herkunft A nur zwei Arten heterofermentativer Milchsäurebakterien vertreten. Zudem findet sich eine der beiden Arten nur in den Reinzuchtsauern A vor. Wie nunmehr zu erkennen, bestehen auch Unterschiede in der Zusammensetzung der Hefeflora der von den beiden Produzenten angebotenen Starterkulturen. Zudem nehmen die nachgewiesenen Hefe-Arten einen unterschiedlichen Anteil an der Population des jeweiligen „Reinzuchtsauers“ ein. Bei den im Reinzuchtsauer der Herkunft A vorherrschenden großen, runden bis ovalen gärfähigen Hefen (*Saccharomyces cerevisiae*) handelt es sich um Formen, die gleichfalls in sog. Spontansauerteigen nachzuweisen waren [4]. Ebenfalls liegen für das Auftreten von *Torulopsis holmii* (imperfecte Form von *Saccharomyces exiguus*) in Spontansauerteigen, in Sauerteigen von Bäckereibetrieben in Böhmen und Mähren als auch im „San Francisco-Sauerteig“, der in den USA zur Herstellung von „French bread“ Verwendung findet, Hinweise vor [4, 6]. Demgegenüber ist die Hefeflora des Reinzuchtsauers B durch eine Hefe geprägt, die der Art *Candida*

krusei zugeordnet werden konnte. Für das Vorkommen dieser Hefe in Sauerteigen gab es bislang keinen Hinweis. Diese Aussage trifft auch für die in den Reinzuchtsauern beider Produzenten auftretenden kleinen, ovalen bis länglichen Hefen der Art *Pichia saitoi* zu. Jedoch sind sowohl *Pichia sp.* – und ebenso *Candida sp.* – als Vertreter der Hefeflora des Getreidekornes und des Mehles beschrieben worden [14–17].

Weiterführenden Untersuchungen ist es vorbehalten, eine Aussage über die Bedeutung dieser Hefen für die Ökologie des Sauerteiges und ihren Einfluß auf die Sauerteiggärung, resp. auf die backtechnischen Eigenschaften der unter Verwendung dieser Sauerteige bereiteten Brote zu finden.

Literatur

- Schulz, A.: Untersuchungen über die Hefeflora des Sauerteiges. Z. ges. Getreidewesen **31**, 51–55 (1944)
- Rohrlich, M., Timm, E.: Untersuchungen an Sauerteighefen. Jahresberichte 1952–1953 der Bundesforschungsanstalt für Getreideverarbeitung, Berlin.
- Castelli, T.: Untersuchungen über die Hefen der Hauszubereitung. Giorn. Biol. Ind. Agr. Alim. **7**, 3 (1937)
- Heinz, L., Klaushofer, H.: Studien über die Flora des Sauerteiges. Mitt. Versuchsanst. Gärungsgewerbe (Wien) **9/10**, 1–7 (1952)
- Trojan, M.: Mikrobiologie der Brotherstellung, S. 172–181. – Ber. „2. Tagung Int. Probleme der modernen Getreideverarbeitung und Getreidechemie“ 1965
- Sugihara, T.F., Kline, L., Miller, M.W.: Microorganisms of the San Francisco sour dough bread process. Appl. Microbiol. **3**, 456–458 (1971)
- Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V.: Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot. 6. erweiterte Aufl. Detmold: Moritz Schäfer 1978
- Panzer, W.: Die Zählung der Bakterien und Hefen in Teig und Brot mit der Zählkammer nach Thoma. Z. Lebensm. Unters. Forsch. **91**, 93–100 (1950)
- Lodder, J.: The yeast. London: North Holland Publishing Comp. 1971
- Beech, F.W., Davenport, R.R., Goswell, R.W., Burnett, J.K.: Two simplified schemes for identify yeast cultures. Identification methods for microbiologists, Part B, pp. 151–175. Gibbs, B.M., Shapton, D.A. (eds.). London: Academic Press 1968
- Windisch, S.: Biologie der hefeartigen Pilze. Die Hefen, Band I. Nürnberg: Hans Carl 1960
- Jörgensen, A., Hansen, A.: Mikroorganismen der Gärungsindustrie, 7. Aufl. Nürnberg: Hans Carl 1956
- Spicher, G., Schröder, R.: Die Mikroflora des Sauerteiges. IV. Mitt.: Untersuchungen über die Art der in „Reinzuchtsauern“ anzutreffenden stäbchenförmigen Milchsäurebakterien (*Genus lactobacillus* Beijerinck). Z. Lebensm. Unters. Forsch. **167**, 342–354 (1978)
- Lund, A.: Sporobolomyces und andere Hefen auf Gerstenkörnern. Friesia **5**, 297–302 (1956)
- Lund, A.: Hefen in der Natur. Wallerstein Lab. Comm. **19**, 221–236 (1956)
- Burmeister, H., Hartmann, P.A.: Hefen in einsiliertem sehr feuchtem Getreide. Appl. Microbiol. **14**, 35–38 (1966)
- Kurtzmann, C.P., Wickerham, L.J., Hesseltine, C.W.: Yeasts from wheat and flour. Mycologia **62**, 542–547 (1970)

Eingegangen am 29. März 1979