

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 84 (1993)

**Heft:** 5

**Artikel:** Mikrobiologie der Brotteigherstellung. Teil III, Die Mikroflora von Weizenmehlteigen aus acht Bäckereien nach direkter Führung, Hebel- und Sauerteigführung = Microbiology of dough preparation. Part III, The microflora of eight bakeries' wheat doughs pro...

**Autor:** Hochstrasser, R.E. / Ehret, A. / Geiges, O.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-982150>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Mikrobiologie der Brotteigherstellung

### III. Die Mikroflora von Weizenmehlteigen aus acht Bäckereien nach direkter Führung, Hebel- und Sauerteigführung

Microbiology of Dough Preparation

III. The Microflora of Eight Bakeries' Wheat Doughs Produced Directly and Using Wheat Starter or Sourdough

R.E. Hochstrasser<sup>1</sup>, A. Ehret<sup>2</sup>, O. Geiges<sup>3</sup> und W. Schmidt-Lorenz<sup>4</sup>

#### Einleitung

In der Schweiz werden heute neben den traditionellen Brotsorten immer mehr Spezialbrote der verschiedensten Sorten gebacken. Sie werden zum weitaus grössten Teil aus Weizenmehl nach Zusatz von Backmitteln mit direkter Führung hergestellt. Nur wenige Bäckereibetriebe arbeiten noch nach dem Hebelverfahren, obwohl zahlreiche Fachleute die Meinung vertreten, dass damit ein qualitativ nicht zu übertreffendes Weizenmehlbrot erzeugt werden kann. Dabei wird ein Drittel der gesamten Teigmenge bereits am Vorabend des Backtages meist mit einer relativ geringen Menge Hefe angesetzt. Mikrobiologische Untersuchungen dieses Hebelverfahrens sind bisher nicht bekannt.

Eine noch geringere Rolle spielen mit Weizenmehl-Sauerteig hergestellte Backwaren wie Panettone und andere gesüsste Weizenmehl-Sauerteigprodukte. Nur hierfür liegen bereits mikrobiologische Untersuchungen dieser Teige vor (1, 9, 16). Ähnlich wie bei den Roggenmehl-Sauerteigen wurden daraus homo- und heterofermentative *Lactobacillus*-Arten und *Streptococcus*-Arten sowie *Saccharomyces cerevisiae*, *S. servazzi* und *Candida milleri* isoliert.

Ziel der Arbeit war eine vergleichende Bestimmung der Mikroflora von Weizenmehlteigen, wie sie in der Praxis von acht schweizerischen Bäckereien mit den drei verschiedenen Verfahren: direkte Führung, Hebel- und Sauerteigverfahren, hergestellt werden.

<sup>1</sup> Obi AG, 9220 Bischofszell

<sup>2</sup> Agrano AG, 4123 Allschwil

<sup>3</sup> Ingenieurschule, 8820 Wädenswil

<sup>4</sup> ETH-Zentrum, 8092 Zürich

## Teigherstellungsverfahren und Begriffsbestimmungen

Da im deutschsprachigen Raum in der Literatur (3) und im Bäckereigewerbe teilweise unterschiedliche Bezeichnungen benützt werden, wird eine Definition der in der vorliegenden Arbeit angewandten Begriffe vorangestellt.

*Mehltypen:* Die Mehlmtype wird aufgrund des Aschegehaltes in der Trockensubstanz und dem Ausmahlgrad bestimmt (Tabelle 1).

*Stockgare:* Dieser Vorgang bezeichnet die Teigruhe des gesamten Teiges nach dem Knetvorgang.

*Stückgare:* Dieser Vorgang bezeichnet die Teigruhe der auf Brotlaibgrösse abgewogenen Teiglinge bis zu Beginn des Backprozesses.

*Direkte Führung* (für Weizenmehle): Bei der direkten Triebführung werden alle Zutaten, insbesondere auch die Hefe, als Triebmittel zu einem Teig verarbeitet. Je nach Gebäck und angewandter Technologie sind unterschiedliche Führungen möglich:

*Expressführung:* Sie wird auch als Grünführung bezeichnet. Eine Stockgare entfällt. Die gesamte Gärzeit liegt unter 30 Minuten. Dazu sind sehr hohe Hefebeigaben sowie eine Intensivknetung zur mechanischen Teigreifung nötig.

*Kurze direkte Führung:* Die Gärzeit liegt bei 1 bis 3 Stunden mit einer kurzen Stockgare von 10 bis 15 Minuten.

*Lange direkte Führung:* Bei etwas tieferen Temperaturen dauert die gesamte Gärzeit 8 bis 10 Stunden. Zeit für Stock- und Stückgare werden unterschiedlich angesetzt.

*Indirekte Teigführung:* Die Teigherstellung erfolgt in Stufen, wobei ein oder mehrere Vorteige hergestellt werden. Der Vorteig, der auch als «Hebel» bezeichnet wird, soll vor allem dem Vorquellen des Klebereiweisses sowie der Vermehrung der Hefen und Bakterien als Triebmittel und als Lieferanten geschmacks- und geruchsaktiver Stoffe dienen.

*Hebel alter Art* (traditioneller Hebel): Ein fester Vorteig, der Hefen und Milchsäurebakterien enthält. Die Gärzeit liegt bei 6 bis 12 Stunden. Ein Teil des Hebels wird nach der Gärzeit kühl aufbewahrt und für die nächste Brotproduktion aufgefrischt.

Tabelle 1. Definition der Mehltypen

	Type	Asche in Tr.	Ausmahlung
Weissmehl	405	0,380–0,470%	0–55 %
Halbweissmehl	630	0,600–0,700%	0–72/75%
Ruchmehl	1050	1,000–1,150%	0–80/85%
Vollkornmehl	1700	1,600–1,900%	Backschrot



*Hebel:* Ein weicher Vorteig, der mit Wasser, Mehl und wenig Hefe angesetzt wird. Die Gärzeit beträgt 4 bis 12 Stunden. Der Hebel wird nicht neu aufgefrischt, sondern für jede Produktion neu angesetzt.

*Führungsdauer:* Es wird unterschieden zwischen langer, kurzer und Expressführung. «Lang» bedeutet 6 bis 12 Stunden Gärzeit, in der Praxis also über Nacht. «Kurz» bedeutet 2 bis 4 Stunden Gärzeit. Bei der Expressführung liegen die Gärzeiten unter 30 Minuten. Dies erfordert aber eine Intensivknetung zur mechanischen Teigreifung. «Lange» und «kurze» Führungszeiten können sowohl bei direkter als auch bei indirekter Führung angewandt werden.

*Gärtemperaturen:* Die Gärtemperaturen können zwischen 20 °C und 35 °C liegen. Bei Temperaturen unter ca. 26 °C spricht man von «kühler Führung», liegen sie über 26 °C von «warmer Führung». Beim Gärstopp- oder richtigerweise Gärverzögerungsverfahren wird die Gärung durch Kühlung bei 0 ° bis 2 °C unterbrochen und zu einem vorher festgelegten Zeitpunkt durch eine stufenweise Temperaturerhöhung wieder in Gang gesetzt, so dass die Gare zu Beginn des Backprozesses beendet ist.

*Sauerteig:* Als Sauerteig, Kurzform «Sauer», wird ein Teig bezeichnet, der durch eine meist mehrstufige Führung so zubereitet wird, dass eine intensive Vermehrung von Milchsäurebakterien und Hefen erfolgt. Dies führt zu einer Absenkung des pH-Wertes und zu einer starken Erhöhung des Säuregrades. Durch den Einsatz von Starterkulturen kann die Anzahl der Stufen verringert werden. Der Begriff «Sauerteig» wird fast ausschliesslich bei der Roggenbrotherstellung verwendet, während für Weizenvorteige der Name «Hebel» gebräuchlich ist. «Sauerteige» auf der Basis von «Weizenmehl» sind der San Francisco sour dough und der zur Panettonebereitung eingesetzte Sauer.

*Spontan-Sauerteig:* Ein Ansatz aus Mehl und Wasser wird ohne weitere Zutaten durch Stehenlassen bei geeigneten Temperaturen zum Gären gebracht. Dabei entwickelt sich durch mehrmaliges Auffrischen aus der saprophytischen Mehlfloora eine typische Sauerteigflora. Unerwünschte Keime wie Enterobacteriaceen und Pseudomonaden gehen dabei mehr oder weniger rasch zurück (7, 11).

*Backmittel/Teigführungsmittel:* Spezialmehle, Malzmehle, Säuren, Emulgatoren, Enzyme und ähnliche Stoffe, insbesondere deren Mischungen, sind als Fertigprodukte im Handel. Ihre Einsatzmöglichkeiten sind je nach Zusammensetzung unterschiedlich. Sie dienen zur Erzielung eines besseren Triebes, einer hohen Gärtoleranz, einer kräftigen Farbe, eines vollen Aromas, einer verlängerten Frischhaltung oder ähnlichen erwünschten Eigenschaften. Sie können aber auch einen positiven Einfluss auf die Stoffwechseltätigkeiten der Mikroorganismen ausüben.

*Starterkulturen/Hebelstarter:* Dies sind mikrobiologisch aktive, trockene oder flüssige Produkte, die einem Sauerteig oder Hebelteig ähnliche vermehrungsfähige Mikroorganismenpopulationen aufweisen und deren Menge genügt, um nach Zusatz zum Mehl bei direkter oder indirekter Führung einen backfähigen Teig herzustellen.



*Auffrischen:* Dieser Vorgang bezeichnet die Zugabe von frischem Mehl und Wasser zu einem reifen Sauerteig oder Spontansauer mit dem Zweck, erneut Nährstoffe für die weitere Entwicklung der Mikroflora zur Verfügung zu stellen.

## Material und Methoden

### *Untersuchungsmaterial*

Die Teigproben wurden von acht ausgewählten Bäckereien in der Schweiz direkt aus der jeweiligen Tagesproduktion bezogen. Bei Anfahrtswegen von mehr als einer halben Stunde wurden die ersten Analysenschritte wie Homogenisation, Koloniezahlbestimmungen, Bestimmungen von pH-Wert und Säuregrad im Betrieb durchgeführt. Bei kurzen Anfahrtswegen wurden die Proben gekühlt ins Laboratorium transportiert und sofort nach Ankunft mit der Analyse begonnen.

Die Terminologie in den nachfolgend aufgeführten Rezepturen wurden unverändert von den einzelnen Betrieben übernommen. Die Teige weisen teilweise hohe Teigausbeuten auf. Je nach Teigbeschaffenheit werden während dem Knetvorgang weitere Anteile Mehl zugegeben.

### *Mikrobiologische Untersuchungen*

Die Koloniezahlbestimmungen, die Identifikation der Milchsäurebakterien und Hefen sowie die Bestimmungen von pH-Wert und Säuregrad wurden wie in Teil I und II ausführlich beschrieben durchgeführt.

Für die Erfassung der Milchsäurebakterien wurden zusätzlich *M.-Enterococcus*-Agar (BBL 11213) und *Streptococcus*-Agar (Merck 5468) angewandt.

Die Auswahl der zu identifizierenden Kolonien wurde nach eingehender Musterung aller eingesetzten Milchsäurebakterien-Kulturmedien getroffen, wobei möglichst alle angewandten Kulturmedien berücksichtigt und die Zahl der Isolate von Kolonien aller Farben, Grössen und Formen entsprechend deren relativer Häufigkeit gewonnen wurden.

## Resultate

### *Mit direkter Teigführung hergestellte Teige*

#### *Bäckerei A*

##### *1. Angewandtes Verfahren*

Diese Bäckerei arbeitet nach dem in der Schweiz gebräuchlichsten Verfahren der direkten Teigführung. Die gesamte Teigmasse wird in einem Ansatz hergestellt,

Tabelle 2. Bäckerei A: Teigbereitung nach direktem Verfahren

Teig	Ruchmehl	36 kg
	Wasser	28 Liter
	Presshefe	0,83 kg
	Salz	0,80 kg
	Backmittel	0,46 kg
Knetzeit (Langsamknetter)		20 min
Stockgare		60 min / ca. 25 °C
Stückgare		45 min / 40 °C
Teigausbeute		178
Hefeanteil bezogen auf Mehlmenge		2,3 %

mit einem Langsamknetter bearbeitet und nach Stock- und Stückgare verbacken. Um die erwünschte Teigentwicklung zu erreichen, wird ein Backmittel eingesetzt. Die Stockgare wird bei Raumtemperatur durchgeführt (Tabelle 2).

## 2. Koloniezahlen zu Beginn und am Ende der Gare

Die Koloniezahlen der Milchsäurebakterien auf *M.-Enterococcus*- und *Streptococcus*-Agar waren mit annähernd  $2 \times 10^5$  KBE  $g^{-1}$  zu Beginn der Gare relativ niedrig und lagen noch unter der Hefekoloniezahl von  $1,1 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$ . Während der Gärzeit erfolgte keine Vermehrung der Milchsäurebakterien und Hefen. Am Ende der Gärzeit waren die Koloniezahlen weitgehend konstant geblieben (Tabelle 3).

Tabelle 3. Bäckerei A, Ruchmehlteig mit direkter Teigführung: Koloniezahlen auf acht Kulturmedien, pH-Werte und Säuregrade zu Beginn und am Ende der Gare

Mikroorganismen- gruppen	Kulturmedien	Beginn Gare (KBE $g^{-1}$ Teig)	Ende Gare (KBE $g^{-1}$ Teig)
Milchsäure- bakterien	M.R.S.-Agar modifiziert	$< 10^2$	$3 \times 10^3$
	Roggenkleieagar	$6,3 \times 10^6$	$6,9 \times 10^6$
	Sorbinsäureagar	$9,5 \times 10^6$	$6,9 \times 10^6$
	M.-Enterococcus-Agar	$1,9 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$
	Streptococcus-Agar	$1,4 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$
Hefen	Malzextraktagar	$1,1 \times 10^7$	$9,3 \times 10^6$
Enterobacteriaceen	VRBD-Agar	$1,9 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$
Gesamtkoloniezahl	Plate count-Agar	$4,7 \times 10^6$	$4,5 \times 10^6$
	pH-Werte	5,2	4,9
	Säuregrad	8,3	8,1

**Tabelle 4.** Bäckerei A, Ruchmehlteig mit direkter Führung: geprüfte Eigenschaften der aus Teig vor und nach der Gare isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	23	1
Zellmorphologie	S/K	S, kt
Milchsäurekonfiguration	D	L
Wachstum bei 15 °C	100	100
Wachstum bei 45 °C	0	0
End-pH in M.R.S.-Bouillon	4,0	4,3
Gasbildung aus Glucose	100	0
Ammoniak aus Arginin	nb	0
Diaminopimelinsäure	0	0
Vergärung von		
L-Arabinose	100	100
D-Arabinose	0	0
Amygdalin	100	100
Aesculin	100	100
Cellobiose	100	100
Fructose	100	100
Galaktose	100	100
Glucose	100	100
Gluconsäure	100	100
Lactose	21	100
Maltose	100	100
Mannit	0	100
Mannose	100	100
Melezitose	21	0
Melibiose	100	0
Raffinose	100	0
Rhamnose	0	0
Ribose	100	100
Salicin	100	100
Sorbit	0	0
Saccharose	100	100
Trehalose	100	100
Xylose	100	0
Sorbose	0	0
Identifikation	<i>L. mesenteroides</i>	<i>L. casei</i>

Legende: K = Kokken  
 S = Stäbchen  
 T = in Tetraden  
 kt = in Ketten

l = Langstäbchen  
 k = Kurzstäbchen  
 nb = nicht bestimmt  
 Zahlenangaben: % positiv reagierende Isolate



### 3. Identifikation der Milchsäurebakterien

Die mikroskopische Untersuchung der auf den Milchsäurebakterienmedien gebildeten Kolonien ergab, dass auf Roggenkleieagar und Sorbinsäureagar sich fast ausschliesslich Hefen vermehrt hatten. Die von Kolonien auf M.R.S.-Agar mod., *M-Enterococcus*-Agar und *Streptococcus*-Agar 23 abgeimpften Isolate waren gram-positive, gasbildende, kokkenförmige Kurzstäbchen und wurden als *Leuconostoc mesenteroides* bestimmt. Ein einziges Isolat vom *Streptococcus*-Agar erwies sich als *Lactobacillus casei*. Je die Hälfte der insgesamt 24 Isolate stammte vom Teig zu Beginn und am Ende der Gare (Tabelle 4).

#### Bäckerei B

##### 1. Angewandtes Verfahren

Die Teigbereitung erfolgt nach dem gleichen Verfahren wie in der Bäckerei A (Tabelle 5). Teigausbeuten, Hefemengen und Gärzeiten sind Mittelwerte und werden jeweils empirisch der Mehlsqualität angepasst. Der Einsatz des Backmittels ist nach Ansicht des Bäckers für diese Art von Teigbereitung notwendig. Bei Bedarf werden Teigmengen bis über hundert Kilogramm hergestellt. Zur Teigbearbeitung wird ein Spiralkneter eingesetzt. Die Verarbeitung von Ruch- und Halbweissmehl erfolgt nach gleicher Rezeptur.

##### 2. Koloniezahlen zu Beginn und am Ende der Gare

Hier wurden in einem Ruch- und einem Halbweissmehlteig die Koloniezahlen zu Beginn und am Ende der Gare sowie die pH-Werte und Säuregrade der reifen Teige bestimmt (Tabelle 6). Auf Roggenkleieagar und Sorbinsäureagar war die Erfassung der Milchsäurebakterien durch das gleichzeitige Hefewachstum stark erschwert und war im frisch angeteigten Ruchmehlteig nicht möglich. In beiden Teigen hatten sich die Koloniezahlen während der Gare nicht verändert. Die Koloniezahlen der Milchsäurebakterien lagen mit  $2 \times 10^5$  bis  $6 \times 10^5$  KBE  $g^{-1}$  und die der Hefen mit  $7 \times 10^6$  bis  $2 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$  in der gleichen Grössenordnung wie im Teig der Bäckerei A.

Tabelle 5. Bäckerei B: Teigbereitung nach direktem Verfahren

Teig	Ruch-/Halbweissmehl	100 kg
	Wasser	60 Liter
	Hefe	1,2 kg
	Salz	2,1 kg
	Backmittel	1,2 kg
Knetzeit (Spiralkneter)		20–30 min
Stockgare		60–70 min / 25 °C
Stückgare		20–30 min / 25 °C
Teigausbeute		160
Hefeanteil bezogen auf Mehlmenge		1,2 %

**Tabelle 6.** Bäckerei B, Ruchmehl- und Halbweissmehlteige mit direkter Führung: Koloniezahlen auf sieben Kulturmedien, pH-Werte und Säuregrade zu Beginn und am Ende der Gare

Mikroorganismengruppen	Kulturmedien	Ruchmehl		Halbweissmehl	
		Beginn Gare (KBE g <sup>-1</sup> )	Ende Gare (KBE g <sup>-1</sup> )	Beginn Gare (KBE g <sup>-1</sup> )	Ende Gare (KBE g <sup>-1</sup> )
Milchsäurebakterien	M.R.S.-Agar mod.	2,3 x 10 <sup>5</sup>	2,4 x 10 <sup>5</sup>	6,7 x 10 <sup>4</sup>	2,4 x 10 <sup>5</sup>
	Roggen-Kleie-A.		2 x 10 <sup>5</sup>	6 x 10 <sup>5</sup>	2,4 x 10 <sup>5</sup>
	Rogg.-Kl.-A. mod.	3,2 x 10 <sup>5</sup>	2,9 x 10 <sup>5</sup>	4,8 x 10 <sup>5</sup>	3,5 x 10 <sup>5</sup>
	Sorbinsäure-Agar		1 x 10 <sup>5</sup>	2,3 x 10 <sup>5</sup>	1,6 x 10 <sup>5</sup>
Hefen	Malzextrakt-Agar	7 x 10 <sup>6</sup>	8,3 x 10 <sup>6</sup>	1,8 x 10 <sup>7</sup>	1,1 x 10 <sup>7</sup>
Enterobacteriaceen	VRBD-Agar	1,4 x 10 <sup>2</sup>	1,5 x 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>
Gesamtkoloniezahlen	Plate count-Agar	2,2 x 10 <sup>2</sup>	2,3 x 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>
	pH-Wert		5,1		5,0
	Säuregrad		7,7		7,5

### 3. Identifikation der Milchsäurebakterien

Es wurden 23 bzw. 24 Isolate nach Koloniezählungen des Ruchmehl- und Halbweissmehlteiges am Ende der Gare von Kolonien auf modifizierten M.R.S.-Agar mod. und Roggenkleie-Agar mod. identifiziert (Tabellen 7 und 8). Die Milchsäurebakterienflora war in beiden Teigen sehr ähnlich und setzte sich aus den Arten *Lactobacillus homohiochii*, *L. plantarum*, *L. casei* und *L. casei pseudoplantarum* zusammen. *L. homohiochii* mit auf festen Kulturmedien deutlich gekrümmten Stäbchen war die am häufigsten isolierte Art.

### Mit Hebelführung hergestellte Teige

#### Bäckerei C

##### 1. Angewandtes Verfahren

Diese Bäckerei arbeitet noch nach dem Hebelverfahren. Der Hebel wird in einer Menge von etwa einem Drittel des gesamten Teiges am Vortag mit wenig Hefe, d.h. 0,46% der Mehlmenge, frisch angesetzt. Dazu wird normales Ruchmehl verwendet (Tabelle 9). Es wird kein Teigführungsmittel zugesetzt. Der Hebel liegt über Nacht während 8 Stunden bei 28° bis 30 °C zugedeckt in der Backstube.

##### 2. Koloniezahlen in frischem und reifem Hebel

Auf Sorbinsäureagar und Roggenkleieagar hatten Hefen bräunliche Kolonien gebildet und waren dadurch von den Milchsäurebakterien-Kolonien gut zu unter-

Tabelle 7. Bäckerei B, Ruchmehlteig mit direkter Führung: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	15	1	4	3
Zellmorphologie	S	S	S, l	S
Milchsäurekonfiguration	DL	DL	L	DL
Wachstum bei 15 °C	100	100	50	100
Wachstum bei 45 °C	0	100	0	33
Gasbildung aus Glucose	0	0	0	0
Ammoniak aus Arginin	0	0	0	0
Diaminopimelinsäure	0	100	0	0
Vergärung von				
L-Arabinose	7	100	100	33
D-Arabinose	0	0	0	0
Amygdalin	80	100	100	66
Aesculin	0	100	100	100
Cellobiose	13	100	100	100
Fructose	100	100	100	100
Galaktose	100	100	100	100
Glucose	100	100	100	100
Gluconsäure	7	0	100	100
Lactose	7	100	100	100
Maltose	100	100	100	100
Mannit	0	100	100	100
Mannose	100	100	100	100
Melezitose	0	100	0	33
Melibiose	80	100	100	33
Raffinose	0	100	0	0
Rhamnose	0	0	0	33
Ribose	100	100	100	100
Salicin	93	100	100	100
Sorbit	0	100	0	66
Saccharose	0	100	100	100
Trehalose	100	100	100	100
Xylose	0	100	25	0
Sorbose	0	100	0	33
Identifikation	<i>L. homo-</i> <i>biochii</i>	<i>L. plan-</i> <i>tarum</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. casei</i> <i>pseudo-</i> <i>plantarum</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

scheiden. Die Koloniezahlen der Milchsäurebakterien hatten sich über Nacht um eine Zehnerpotenz bis auf  $5 \times 10^6$  KBE  $g^{-1}$  Hebel erhöht. Mit  $2 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$  waren bereits im frischen Hebel hohe Hefezahlen nachweisbar, die sich über Nacht weiter



**Tabelle 8.** Bäckerei B, Halbweissmehlteig mit direkter Führung: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	9	7	3	5
Zellmorphologie	S	S	S	S
Milchsäurekonfiguration	DL	DL	L	DL
Wachstum bei 15 °C	100	100	100	80
Wachstum bei 45 °C	0	50	0	0
Gasbildung aus Glucose	0	0	0	0
Ammoniak aus Arginin	0	0	0	0
Diaminopimelinsäure	0	100	0	0
Vergärung von				
L-Arabinose	11	0	0	20
D-Arabinose	0	0	0	0
Amygdalin	67	100	100	100
Aesculin	0	100	100	100
Cellobiose	89	100	100	100
Fructose	100	100	100	100
Galaktose	100	100	100	100
Glucose	100	100	100	100
Gluconsäure	0	100	100	100
Lactose	0	100	0	100
Maltose	100	100	100	100
Mannit	11	100	100	100
Mannose	100	100	100	100
Melezitose	22	100	100	60
Melibiose	78	100	100	60
Raffinose	11	100	0	0
Rhamnose	0	0	0	20
Ribose	100	100	100	100
Salicin	100	100	100	80
Sorbit	0	100	100	20
Saccharose	0	100	33	100
Trehalose	100	100	100	80
Xylose	0	100	0	20
Sorbose	0	0	0	0
Identifikation	<i>L. homo-</i> <i>biochii</i>	<i>L. plan-</i> <i>tarum</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. casei</i> <i>pseudo-</i> <i>plantarum</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

verdoppelt hatten. Die Koloniezahlen der Enterobacteriaceen waren mit weniger als  $10^3$  KBE g<sup>-1</sup> Teig sehr gering (Tabelle 10).

Tabelle 9. Bäckerei C: Hebel und Teigbereitung

Hebel	Ruchmehl	1,5 kg
	Wasser	1,0 Liter
	Hefe	0,007 kg
Teigausbeute		167
Hefeanteil bezogen auf Mehlmenge		0,46 %
Teig	Ruchmehl	6,0 kg
	Wasser	4,0 Liter
	Hefe	0,10 kg
	Salz	0,14 kg
Knetzeit		15 min
Stockgare		60 min 28 °–30 °C
Stückgare		30–45 min 28 °–30 °C
Teigausbeute		167
Hefeanteil bezogen auf Mehlmenge		1,67 %

Tabelle 10. Bäckerei C, frischer und reifer Hebel: Koloniezahlen auf sechs Kulturmedien, pH-Werte und Säuregrade

Mikroorganismengruppen	Kulturmedien	Hebel, frisch (KBE g <sup>-1</sup> Teig)	Hebel, reif (KBE g <sup>-1</sup> Teig)
Milchsäurebakterien	M.R.S.-Agar modifiziert	4 x 10 <sup>5</sup>	4 x 10 <sup>6</sup>
	Roggenkleieagar	2,3 x 10 <sup>5</sup>	5 x 10 <sup>6</sup>
	Sorbinsäureagar	2,5 x 10 <sup>5</sup>	3,6 x 10 <sup>6</sup>
	Streptococcus-Agar	2,9 x 10 <sup>5</sup>	4,2 x 10 <sup>6</sup>
Hefen	Malzextraktagar	2 x 10 <sup>7</sup>	4,6 x 10 <sup>7</sup>
Enterobacteriaceen	VRBD-Agar	< 10 <sup>3</sup>	< 10 <sup>3</sup>
	pH-Wert	6,1	5,95
	Säuregrad	5,3	5,6

### 3. Identifikation der Milchsäurebakterien

Isolate wurden von insgesamt 17 ausgewählten Kolonien von allen eingesetzten Milchsäurebakterien-Kulturmedien gewonnen. Die kettenbildenden Kokken wurden als *Streptococcus lactis*, die kokkenförmigen gasbildenden Kurzstäbchen als *L. mesenteroides* identifiziert. *Lactobacillus*-Arten waren nicht vertreten, obwohl möglichst unterschiedliche Kolonien bezüglich Grösse, Farbe und Form in die Untersuchung miteinbezogen wurden (Tabelle 11).

Tabelle 11. Bäckerei C, reifer Hebel: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	5	12
Zellmorphologie	K, kt	(S), k
Milchsäurekonfiguration	L	D
Wachstum bei 15 °C	100	100
Wachstum bei 45 °C	45	0
Gasbildung aus Glucose	0	100
Ammoniak aus Arginin	100	0
Diaminopimelinsäure	0	0
Vergärung von		
L-Arabinose	100	67
D-Arabinose	0	0
Amygdalin	80	58
Aesculin	100	25
Cellobiose	100	25
Fructose	100	100
Galaktose	100	0
Glucose	100	100
Gluconsäure	0	0
Lactose	0	0
Maltose	100	100
Mannit	100	25
Mannose	100	100
Melezitose	40	33
Melibiose	60	100
Raffinose	40	100
Rhamnose	0	0
Ribose	100	100
Salicin	100	42
Sorbit	0	0
Saccharose	40	100
Trehalose	100	100
Xylose	60	100
Sorbose	0	0
Identifikation	<i>S. lactis</i>	<i>L. mesenteroides</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4



## Bäckerei D

### 1. Angewandtes Verfahren

Auch diese Bäckerei arbeitet mit dem traditionellen Hebelverfahren.  $\frac{1}{3}$  des gesamten Teiges wird als Hebel am Vorabend mit Presshefe angestellt. Die Gärzeit des Hebels hängt vom Wetter und von der Jahreszeit ab. Sie ist im Sommer generell kürzer als im Winter. Auch die Schüttwassertemperatur für Hebel und Teig wird der Jahreszeit angepasst und beträgt im Winter bis maximal 35 °C. Die hohe Schüttwassertemperatur wird aber vom Bäcker nicht unbedingt geschätzt, da das so hergestellte Brot schneller austrocknen soll. Teigführung und Rezepturen sind für Ruch- und Halbweissmehl die gleichen. Bei schlechter Mehllqualität und ungünstiger Witterung wird der Hefeanteil erhöht (Tabelle 12).

### 2. Koloniezahlen in frischem und reifem Hebel sowie im Teig nach der Gare

Zur Bestimmung der Milchsäurebakterien-Koloniezahlen konnte nur der modifizierte M.R.S.-Agar ausgewertet werden, da die Roggenkleie- und Sorbinsäure-Agarplatten durch Hefen zu stark überwachsen waren. Sowohl im frischen Ruchmehlhebel als auch im frischen Halbweissmehlhebel lagen die Milchsäurebakterien-Koloniezahlen mit  $5 \times 10^2$  KBE  $g^{-1}$  und  $1,5 \times 10^3$  KBE  $g^{-1}$  sehr niedrig. In den beiden reifen Hebeln konnten aufgrund eindeutig unterschiedlicher Koloniegrößen zwei Gruppen von Milchsäurebakterien (I und II in Tabelle 13) erfasst werden, deren Koloniezahlen im Ruchmehlteig bei  $3,5 \times 10^6$  KBE  $g^{-1}$  und  $2,1 \times 10^4$  KBE  $g^{-1}$ , im Halbweissmehlhebel und -teig bei  $5 \times 10^5$  KBE  $g^{-1}$  und  $9 \times 10^4$  KBE  $g^{-1}$  lagen.

Die Hefekoloniezahlen hatten sich während der Hebelgärzeit annähernd verdoppelt und lagen im Ruchmehlhebel bei  $8,8 \times 10^6$  KBE  $g^{-1}$ , im Halbweissmehlhebel bei  $2,1 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$ .

Tabelle 12. Bäckerei D: Hebel und Teigbereitung

Hebel	Ruch-/Halbweissmehl	10	kg
	Wasser	6,2	Liter
	Hefe	0,062	kg
Hefeanteil bezogen auf Mehlmenge		0,63	%
Teig	Ruch-/Halbweissmehl	30	kg
	Wasser	18,6	Liter
	Hefe	0,46	kg
	Salz	0,70	kg
Knetzeit (Spiralkneter)		10–15	min
Stockgare		60–70	min/25 °C
Stückgare		30–45	min/25 °C
Teigausbeute		ca. 160	
Hefeanteil bezogen auf Mehlmenge		1,5	%

**Tabelle 13.** Bäckerei D, frische und reife Ruch- und Halbweissmehlhebel und daraus hergestellte Teige: Koloniezahlen auf vier Kulturmedien, pH-Werte und Säuregrade

Mikroorganismen- gruppen	Kulturmedien	Hebel, frisch (KBE g <sup>-1</sup> )	Hebel, reif (KBE g <sup>-1</sup> )	Teig nach Gare (KBE g <sup>-1</sup> )
Ruchmehl Milchsäure- bakterien	M.R.S.-Agar mod. I II	5 x 10 <sup>2</sup>	2,4 x 10 <sup>6</sup>	3,5 x 10 <sup>6</sup> 2,1 x 10 <sup>4</sup>
Hefen	Malzextraktagar	4,1 x 10 <sup>6</sup>	8,8 x 10 <sup>6</sup>	6,2 x 10 <sup>6</sup>
Entero- bacteriaceen	VRBD-Agar	5 x 10 <sup>2</sup>	1,4 x 10 <sup>2</sup>	3 x 10 <sup>2</sup>
	pH-Wert Säuregrad		4,8 8,3	5,2 7,8
Halbweissmehl Milchsäure- bakterien	M.R.S.-Agar mod. I II Sorbinsäureagar	1,5 x 10 <sup>3</sup>	5,5 x 10 <sup>5</sup> 8,1 x 10 <sup>4</sup> 5,5 x 10 <sup>4</sup>	4,9 x 10 <sup>5</sup> 9 x 10 <sup>4</sup> 5,5 x 10 <sup>4</sup>
Hefen	Malzextraktagar	4,5 x 10 <sup>6</sup>	2,1 x 10 <sup>7</sup>	5,2 x 10 <sup>6</sup>
Entero- bacteriaceen	VRBD-Agar	3 x 10 <sup>2</sup>	2 x 10 <sup>2</sup>	4 x 10 <sup>2</sup>
	pH-Wert Säuregrad		4,7 7,9	5,1 7,1

I = grosse Kolonieförmungen II = kleine Kolonieförmungen

### 3. Identifikation der Milchsäurebakterien

Aus frischem und reifem Hebel sowie den beiden Teigen nach der Gare der Ruch- und Halbweissmehlteige wurden jeweils 20 Kolonien aller Koloniegrössen isoliert (Tabelle 14 und 15).

Die in Tabelle 13 als «I» bezeichneten Gruppen mit grossen Kolonien wurden nach dem Schlüssel von *Kandler* und *Weiss* (6) als *L. sanfrancisco* identifiziert. Diese Isolate konnten aber zusätzlich zu Galaktose, Glucose, Gluconsäure und Maltose auch Mannose und Xylose – sowie teilweise auch Fructose und Raffinose vergären. Bei 15 °C war in Roggenkleie-Bouillon, nicht aber in M.R.S.-Bouillon, eine Vermehrung erfolgt.

Die in Tabelle 13 mit «II» bezeichneten kleinen Kolonien wurden als *L. plantarum*, *L. fermentum* und *L. delbrückii* identifiziert. Zwei Isolate waren nicht eindeutig identifizierbar. Die Anwendung des Schlüssels von *Kandler* und *Weiss* (6) führt zu einer Identifikation als *Lactobacillus murinus* und *Lactobacillus homohiochii*, allerdings stimmten die Zuckerspektren der beiden Isolate nur ungenügend mit den Literaturwerten überein.

Tabelle 14. Bäckerei D, Ruchmehlheber und -teig: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	3	4	13
Zellmorphologie	S	S	S
Milchsäurekonfiguration	D	DL	DL
Wachstum bei 15 °C	0	100	0
Wachstum bei 45 °C	0	100	0
Gasbildung aus Glucose	0	0	100
Ammoniak aus Arginin	nb	nb	100
Diaminopimelinsäure	0	100	0
Vergärung von			
L-Arabinose	0	0	0
D-Arabinose	0	0	0
Amygdalin	0	100	0
Aesculin	0	100	0
Cellobiose	0	100	0
Fructose	100	100	38
Galaktose	0	100	100
Glucose	100	100	100
Gluconsäure	100	100	100
Lactose	0	100	0
Maltose	100	100	100
Mannit	0	100	0
Mannose	100	100	100
Melezitose	0	0	0
Melibiose	0	100	0
Raffinose	0	100	8
Rhamnose	0	0	0
Ribose	0	100	0
Salicin	50	100	0
Sorbit	0	100	0
Saccharose	0	100	0
Trehalose	100	100	0
Xylose	50	0	92
Sorbose	0	0	0
Identifikation	<i>L. delbrückii</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. sanfrancisco</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4



Tabelle 15. Bäckerei D, Halbweissmehlhebel und -teig: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	9	7	2	1	1
Zellmorphologie Milchsäurekonfiguration	S, k DL	S, k DL	S DL	S L	S DL
Wachstum bei 15 °C	100	0	0	0	100
Wachstum bei 45 °C	100	0	0	0	0
Gasbildung aus Glucose	0	100	100	0	0
Ammoniak aus Arginin	0	100	nb	nb	nb
Diaminopimelinsäure	100	0	0	0	0
Vergärung von					
L-Arabinose	0	0	0	0	0
D-Arabinose	0	0	0	0	0
Amygdalin	100	0	50	100	100
Aesculin	100	0	100	0	0
Cellobiose	100	0	100	0	100
Fructose	100	14	100	100	100
Galaktose	100	100	100	100	100
Glucose	100	100	100	100	100
Gluconsäure	100	100	100	0	0
Lactose	100	86	100	0	0
Maltose	100	100	100	100	0
Mannit	100	0	0	0	0
Mannose	100	100	100	100	100
Melezitose	0	0	0	0	0
Melibiose	100	0	100	100	100
Raffinose	0	86	100	0	0
Rhamnose	0	0	0	0	0
Ribose	100	0	100	100	100
Salicin	100	0	100	0	100
Sorbit	100	0	0	0	0
Saccharose	100	0	100	0	0
Trehalose	100	0	100	100	100
Xylose	91	100	100	0	0
Sorbitose	0	0	0	0	0
Identifikation	<i>L. plan-</i> <i>tarum</i>	<i>L. san-</i> <i>francisco</i>	<i>L. fer-</i> <i>mentum</i>	nb	nb

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

## Bäckerei E

### 1. Angewandtes Verfahren

Diese Bäckerei arbeitet ebenfalls mit dem Hebelverfahren, doch unterscheidet sie sich durch einige Besonderheiten von den beiden anderen Hebelbäckereien C und D (Tabelle 16). Hauptsächlich wird Vollkornmehl aus biologischem Anbau verbacken. Das Backen findet in einem mit Holz befeuerten Ofen statt. Die Gärdauer des Hebels ist mit 17 Stunden vergleichsweise sehr lang. Während der Gärzeit liegt der Hebel ungedeckt in der Backstube. Dabei bildet sich an der Oberfläche eine zentimeterdicke Kruste.

### 2. Koloniezahlen in frischem und reifem Hebel sowie im Teig nach der Gare

Bereits zu Beginn der Hebelreifung waren die Koloniezahlen der Milchsäurebakterien mit  $9 \times 10^8$  KBE  $g^{-1}$  sehr hoch und änderten sich während der Reifezeit nur unwesentlich. Auch die Hefezahlen waren mit  $2,1 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$  überdurchschnittlich hoch und blieben während der Reifezeit weitgehend gleich. Die Enterobacteriaceen-Koloniezahl lag im frischen Hebel bei  $5,9 \times 10^4$  KBE  $g^{-1}$ , nahm während der Hebelreifung auf unter  $10^2$  KBE  $g^{-1}$  ab und lag im reifen Teig wieder bei  $3 \times 10^3$  KBE  $g^{-1}$  (Tabelle 17).

### 3. Identifikation der Milchsäurebakterien

Von 48 Isolaten von frischem und reifem Hebel und vom Teig nach der Gare waren 24 als *Pediococcus pentosaceus* identifizierbar. 21 Isolate waren heterofermentative Stäbchen und wurden als *Lactobacillus confusus* angesprochen. Neben allen anderen Merkmalen stimmte das Zuckerspektrum sehr gut mit den Angaben des Referenzstammes nach Kandler und Weiss (6) überein, allerdings war keine Schleimbildung nachweisbar. Es wäre daher auch möglich, diese Isolate als *Lactobacillus cellobiosus* zu bezeichnen. Diese Species wird aber von Kandler und Weiss

Tabelle 16. Bäckerei E: Hebel- und Teigherstellung

Hebel	Roggenvollkornmehl	15	kg
	Wasser	15	Liter
	Presshefe	0,10	kg
Teigausbeute		200	
Hefeanteil bezogen auf Mehlmenge		0,66	%
Teig	Weizenvollkornmehl	30	kg
	Wasser	25	Liter
	Salz	ca. 0,70	kg
Knetzeit (Langsamknetter)		20	min
Stockgare		60–120	min 25°–30 °C
Stückgare			keine
Teigausbeute		189	
Hefeanteil bezogen auf Mehlmenge		–	

**Tabelle 17.** Bäckerei E, frischer und reifer Roggenmehlheber und damit hergestellter Weizenvollkornmehlteig: Koloniezahlen auf sechs Kulturmedien, pH-Werte und Säuregrade nach der Gare

Mikroorganismengruppen	Kulturmedien	Hebel, frisch (KBE g <sup>-1</sup> )	Hebel, reif (KBE g <sup>-1</sup> )	Teig nach Gare (KBE g <sup>-1</sup> )
Milchsäurebakterien	M.R.S.-Agar	1 x 10 <sup>9</sup>	9,3 x 10 <sup>8</sup>	7,9 x 10 <sup>8</sup>
	Roggenkleieagar	9,6 x 10 <sup>8</sup>	2,5 x 10 <sup>9</sup>	9,5 x 10 <sup>8</sup>
	Sorbinsäureagar	8,3 x 10 <sup>8</sup>	1,4 x 10 <sup>9</sup>	6,3 x 10 <sup>8</sup>
Hefen	Malzextraktagar	2,1 x 10 <sup>7</sup>	2 x 10 <sup>7</sup>	1,1 x 10 <sup>7</sup>
Enterobacteriaceen	VRBD-Agar	5,9 x 10 <sup>4</sup>	< 10 <sup>2</sup>	3 x 10 <sup>3</sup>
Gesamtkoloniezahlen	Plate count-Agar	8 x 10 <sup>8</sup>	8,4 x 10 <sup>8</sup>	6,8 x 10 <sup>8</sup>
	pH-Werte	5,1	4,1	5,1
	Säuregrad	8,9	16,9	10,9

(6) nicht mehr als eigenständige Art geführt, sondern *L. fermentum* zugeordnet, obwohl die Zuckerspektren nicht überall übereinstimmen. Die als *L. plantarum* und *L. brevis* identifizierten Isolate stammten aus dem reifen Weizenvollkornmehl-Teig (Tabelle 18).

### *Mit Sauerteigführung hergestellte Teige*

#### *Bäckerei F*

##### *1. Angewandtes Verfahren*

Diese Bäckerei stellt neben ihrem Weizenbrotsortiment auch Roggenbrote her. Das erfordert die ständige Bereitung eines Sauerteiges als Anstellgut für die Roggenbrotherstellung. Die beiden untersuchten Sauerteige wurden seit Monaten täglich aufgefrischt und so fortgeführt. Der aus Ruch- und Halbweissmehl im Verhältnis 1:1 zusammengesetzte Sauerteig wurde als Spontansauer angezüchtet. Für den Start des Sauerteiges aus Vollkornmehl wurde vom obgenannten Ruch-/Halbweissmehl-Sauerteig ausgegangen. Das verwendete Vollkornmehl stammt aus biologischem Anbau und wird laufend frisch gemahlen. Für die Herstellung der üblichen Weizenmehlbrote wird anstelle eines Backmittels reifer Sauerteig zu 5% der Mehlmenge eingesetzt. Da die eigentliche Brotherstellung nach herkömmlichen Verfahren mit Stock- und Stückgare erfolgt und damit keine nennenswerten Veränderungen in der Mikroflora zu erwarten waren, beschränkten sich die Untersuchungen auf die Sauerteigbereitung (Tabelle 19).

##### *2. Koloniezahlen im Ruch-/Halbweissmehl- und Vollkornmehl-Sauerteig zu Beginn und am Ende der Gare*

Auf M.R.S.-Agar mod. und Roggenkleieagar konnten aufgrund der unterschiedlichen Koloniegröße und -farbe zwei Gruppen I und II von Milchsäurebak-



**Tabelle 18.** Bäckerei E, Roggen-Vollkornmehlhebel und Weizen-Vollkornmehl-  
teig: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	21	24	1	2
Zellmorphologie	S, k	K, te	S	S
Milchsäurekonfiguration	DL	DL	DL	DL
Wachstum bei 15 °C	100	100	100	100
Wachstum bei 45 °C	100	100	100	0
Wachstum bei 50 °C	nb	0	nb	nb
End-pH in M.R.S.-Bouillon	3,8	3,5	3,4	3,95
Gasbildung aus Glucose	100	0	0	100
Ammoniak aus Arginin	100	100	0	100
Diaminopimelinsäure	0	0	100	0
Vergärung von				
L-Arabinose	100	100	100	100
D-Arabinose	0	0	0	0
Amygdalin	100	100	100	0
Aesculin	100	100	100	0
Cellobiose	100	100	100	0
Fructose	100	100	100	100
Galaktose	100	100	100	100
Glucose	100	100	100	100
Gluconsäure	100	100	100	100
Lactose	5	0	100	0
Maltose	100	100	100	100
Mannit	10	0	100	0
Mannose	100	100	100	0
Melezitose	19	4	100	0
Melibiose	24	4	100	100
Raffinose	0	4	0	0
Rhamnose	0	0	0	0
Ribose	95	100	100	100
Salicin	100	100	100	0
Sorbit	0	0	100	0
Saccharose	95	33	100	0
Trehalose	57	88	100	0
Xylose	100	29	0	100
Sorbose	0	0	0	0
Identifikation	<i>L. confusus</i>	<i>P. pentosaceus</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. brevis</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

Tabelle 19. Bäckerei F: Sauerteigbereitung

	Sauerteig mit Ruch-/Halbweissmehl (1:1)	Sauerteig mit Vollkornmehl
Mehl	10 kg	10 kg
Wasser	5,5 Liter	7,7 Liter
Auffrischverhältnisse	$\frac{1}{3}$ reifer Sauerteig $\frac{2}{3}$ Neuschüttung	$\frac{1}{3}$ reifer Sauerteig $\frac{2}{3}$ Neuschüttung
Gärphase (1.–6. h)	25–28 °C	25–28 °C
Gärstopphase (6.–24. h)	5 °C	5 °C
Teigausbeute	155	177

terien unterschieden und separat erfasst werden. Die Koloniezahlen der Gruppe I lagen in den beiden reifen Teigen bei  $10^7$  KBE  $g^{-1}$ , die der Gruppe II in dem für Sauerteige typischen Bereich von  $5 \times 10^8$  KBE  $g^{-1}$  bis  $1,3 \times 10^9$  KBE  $g^{-1}$ . Die höchsten Koloniezahlen fanden sich für beide Sauer auf Sorbinsäureagar. Die Vermehrung während der Gärzeit lag im Bereich einer Zehnerpotenz.

Die Hefezahlen lagen bei  $1,6 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$  für Ruch-/Halbweissmehl und  $2,2 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$  für den Vollkornsauer. Während der Teigreifung fand eine Zellverdoppelung statt.

Die Koloniezahlen auf VRBD-Agar lagen durchwegs unter  $10^2$  KBE  $g^{-1}$ , wobei vereinzelt wachsende Kolonien eine helle atypische Farbe zeigten.

Tabelle 20. Bäckerei F, Ruch-/Halbweissmehl- und Vollkornmehl-Sauerteig zu Beginn und am Ende der Gare: Koloniezahlen auf unterschiedlichen Kulturmedien, pH-Werte und Säuregrade

Mikroorganismengruppen	Kulturmedien	Ruch-/Halbweissmehl-Sauerteig		Vollkornmehl-Sauerteig	
		Beginn Gare (KBE $g^{-1}$ )	Ende Gare (KBE $g^{-1}$ )	Beginn Gare (KBE $g^{-1}$ )	Ende Gare (KBE $g^{-1}$ )
Milchsäurebakterien	M.R.S.-Agar	I		$3,4 \times 10^6$	$1,2 \times 10^7$
	mod.	II	$1,7 \times 10^8$	$2,3 \times 10^8$	$8,1 \times 10^8$
	Roggenkleieagar	I	$9,2 \times 10^6$	$1 \times 10^7$	$3,5 \times 10^6$
	Sorbinsäureagar	II	$4,6 \times 10^8$	$8,5 \times 10^8$	$3,7 \times 10^8$
			$4,9 \times 10^8$	$1 \times 10^9$	$5,8 \times 10^8$
Hefen	Malzextraktagar		$8,3 \times 10^6$	$1,6 \times 10^7$	$4,8 \times 10^6$
Enterobakterien	VRBD-Agar		$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$
	pH-Wert		4,5		3,8
	Säuregrad		9,7		17,1
				4,7	9,5
					24,0

I = grosse Kolonieformen

II = kleine Kolonieformen

Die pH-Werte sanken während der insgesamt 24stündigen Gärzeit im Ruch-/Halbweissmehl-Sauerteig von 4,5 auf 3,85 und im Vollkornmehl-Sauerteig von 4,7 auf 3,8 ab. Gleichzeitig nahmen die Säuregrade von 9,7 auf 17,1  $\text{Sr}^\circ$  und von 9,5 auf 24,0  $\text{Sr}^\circ$  zu (Tabelle 20).

### 3. Identifikation der Milchsäurebakterien und Hefen

Es wurden insgesamt 36 Isolate von Kolonien von allen drei Milchsäurebakterien-Kulturmedien, aber ausschliesslich von Koloniezählungen der beiden reifen Sauerteige, gewonnen (Tabelle 21). Alle drei identifizierten *Lactobacillus*-Arten waren sowohl im reifen Ruch-/Halbweissmehl-Sauerteig als auch in Vollkornmehl-Sauerteig vertreten. Die 12 Isolate der Gruppe I mit durchschnittlich  $10^7$  KBE  $\text{g}^{-1}$  wurden alle als *L. plantarum* identifiziert. Die Isolate der Gruppe II mit durchschnittlich  $9 \times 10^8$  KBE  $\text{g}^{-1}$  bestanden zu gleichen Teilen aus den beiden Arten *L. brevis* und *L. casei*.

Da diesen Sauerteigen nie Presshefe zugesetzt wurde, war auch eine Bestimmung der isolierten Hefen möglich, ohne dass die Gefahr bestand, nur die bereits bekannte Presshefe zu identifizieren. Alle 10 geprüften Isolate zeigten ein einheitliches biochemisches Verhalten und wurden als *Saccharomyces cerevisiae steineri* identifiziert (Tabelle 22). Bei Vermehrung in Malzextrakt-Bouillon wurden traubenförmige Hefeaggregate von 10 bis 50 Hefezellen gebildet.

## Bäckerei G

### 1. Angewandtes Verfahren

Diese Bäckerei stellt hauptsächlich Sauerteigbrote aus verschiedenen Roggen- und Weizen-Vollkornmehlen her. Diese Mehle stammen alle aus biologischem Anbau und werden vom Bäcker auf einer Steinmühle frisch gemahlen.

Als Triebmittel dient ein Grundsauer, der täglich aufgefrischt und wöchentlich mit einem gekauften Sauerteigstarter neu angesetzt wird. Zum wöchentlich neuen Ansatz wird immer ein kleiner Rest des alten Grundsauers zugegeben. Laut Aussagen des Bäckers ist dies nötig, um den Trieb des Grundsauers zu erhalten. Der Teig wird über 3 Stufen geführt und die abgewogenen Laibe in Formen verbacken. Die Gare der Teige und Vorstufen wird in der Backstube durchgeführt (Tabelle 23).

### 2. Koloniezahlen im reifen Grundsauer, Ansatz und Teig

Die Koloniezahlen der Milchsäurebakterien lagen auf allen Milchsäurebakterien-Kulturmedien in der Grössenordnung von  $3 \times 10^7$  KBE  $\text{g}^{-1}$  beim Grundsauer, von  $2 \times 10^7$  KBE  $\text{g}^{-1}$  im reifen Ansatz und von  $1 \times 10^7$  KBE  $\text{g}^{-1}$  im Teig nach der Gare (Tabelle 24). Obwohl unterschiedliche Koloniegrössen und -farben erkennbar waren, war die Abgrenzung zur Erfassung einzelner Gruppen nicht eindeutig möglich. Auf Roggenkleieagar und Sorbinsäureagar waren zusätzlich noch pin point-Kolonien in geschätzten Koloniezahlen von  $10^8$  KBE  $\text{g}^{-1}$  gebildet.

Die Hefekoloniezahlen lagen im Grundsauer und im Ansatz bei  $4,7 \times 10^6$  KBE  $\text{g}^{-1}$ , im reifen Teig dagegen bei nur  $2,4 \times 10^6$  KBE  $\text{g}^{-1}$ .

Die Enterobacteriaceen-Koloniezahlen hatten von Stufe zu Stufe zugenommen und erreichten im Teig nach der Gare  $1,1 \times 10^5$  KBE  $\text{g}^{-1}$ .



Tabelle 21. Bäckerei F, Sauerteig aus 1:1-Ruch-/Halbweissmehl und Vollkornmehl: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	11	13	12
Zellmorphologie	S, kt	S, k	S
Milchsäurekonfiguration	DL	L	DL
Wachstum bei 15 °C	100	100	100
Wachstum bei 45 °C	18	54	100
Gasbildung aus Glucose	100	0	0
Ammoniak aus Arginin	81	0	0
Diaminopimelinsäure	0	0	100
Vergärung von			
L-Arabinose	100	30	100
D-Arabinose	0	0	0
Amygdalin	27	100	100
Aesculin	18	100	100
Cellobiose	27	100	100
Fructose	100	100	100
Galaktose	81	85	100
Glucose	100	100	100
Gluconsäure	100	0	100
Lactose	100	0	100
Maltose	81	100	100
Mannit	27	46	100
Mannose	27	100	100
Melezitose	40	100	100
Melibiose	27	15	100
Raffinose	0	0	100
Rhamnose	0	0	0
Ribose	100	100	100
Salicin	18	100	100
Sorbit	9	30	100
Saccharose	18	100	100
Trehalose	27	100	100
Xylose	100	0	83
Sorbose	0	0	0
Identifikation	<i>L. brevis</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. plantarum</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

### 3. Identifikation der Milchsäurebakterien

Von allen drei Teigen und Milchsäurebakterienmedien wurde eine alle Kolonieförmigen und -farben berücksichtigende Auswahl von insgesamt 54 Kolonien getroffen (Tabelle 25 und 26). Davon wurden 28 Kolonien als *P. pentosaceus* identifiziert.

Tabelle 22. Bäckerei F, Sauerteig aus 1:1-Ruch-/Halbweissmehl und Vollkornmehl: morphologische und biochemische Merkmale der isolierten Hefen

Yeast Morphology Agar		
Kolonieform: weiss bis ganz schwach beige, glatt, ganzrandig, sehr schwach glänzend, Konsistenz butterartig, Zentrum leicht erhaben		
Malz-Bouillon		
Zellform: oval, selten längsoval, multipolar sprossend		
Grösse 4–8 x 9–11 µm		
Cornmeal-Agar		
Kein Pseudomycel; Zellform oval bis deutlich längsoval, Asci mit 2–3 glatten runden Ascosporen		
Malzagar, V8-Agar		
Asci-Bildung: vereinzelt Asci mit 2, selten 3 Ascosporen; Sporen rund, glatt		
Assimilation und Fermentation (% positiv reagierende Isolate)		
Substrate	Fermentation	Assimilation
Glucose	100	100
Galaktose	100	100
Saccharose	100	100
Maltose	100	100
Cellobiose		100
Raffinose	0	100
Stärke		0
Melibiose		0
Ethylamin-HCl		0
Cadaverin		0
Nitrat		0
Anzahl geprüfte Stämme: 10		
Identifikation	– Art	: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
	– physiologische Rasse	: <i>steineri</i>

Sie waren sowohl im Grundsauer als auch im Ansatz und reifen Teig nachweisbar. Fünf Isolate von *L. plantarum* wurden nur im Ansatz und fünf Isolate von *L. brevis* nur im Grundsauer erfasst. Eine gasbildende *Lactobacillus*-Art, die in allen drei Teigen und hauptsächlich als pin point-Kolonien in Erscheinung trat, konnte nicht identifiziert werden.

**Tabelle 23.** Bäckerei G: Bereitung von Grundsauer, Ansatz und Teig

1. Stufe, Grundsauer	Vollkornmehl	2 kg
	Wasser	2,5 Liter
	Sauerteigstarter	0,002 kg
	Gärzeit	bis 3faches Vol.
2. Stufe, Ansatz	Grundsauer	0,15 kg
	Vollkornmehl	3 kg
	Wasser	3 Liter
	Gärzeit	6 Stunden
3. Stufe, Teig	Ansatz	4 kg
	Vollkornmehl	8 kg
	Wasser	4 Liter
	Salz	keine Angabe
Knetzeit (Langsamknetter)		20 min
Stockgare		2 Stunden
Stückgare		1 Stunde
Teigausbeute		160

**Tabelle 24.** Bäckerei G, reifer Grundsauer, Ansatz und Teig: Koloniezahlen auf sechs Kulturmedien, pH-Werte und Säuregrade

Mikroorganismengruppen	Kulturmedien	Grundsauer (KBE g <sup>-1</sup> )	Ansatz (KBE g <sup>-1</sup> )	Teig (KBE g <sup>-1</sup> )
Milchsäurebakterien	M.R.S.-Agar mod.	$3 \times 10^7$	$1,4 \times 10^7$	$1,4 \times 10^7$
	Roggenkleieagar	$3,5 \times 10^7$	$2,0 \times 10^7$	$1,0 \times 10^7$
	Sorbinsäureagar	$2,9 \times 10^7$	$1,2 \times 10^7$	$1,1 \times 10^7$
Hefen	Malzextraktagar	$4,7 \times 10^6$	$4,7 \times 10^6$	$2,4 \times 10^6$
Enterobacteriaceen	VRBD-Agar	$< 10^2$	$5 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$
Gesamtkoloniezahl	Plate count-Agar	$1,9 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$	$8,6 \times 10^6$
	pH-Werte	3,8	4,3	4,9
	Säuregrad	17,5	11,2	11,8

## Bäckerei H

### 1. Angewandtes Verfahren

Die Bäckerei H produziert neben einem herkömmlichen Brotsortiment grosse Mengen an Panettone. Dabei interessierte ausschliesslich die Heranführung der dazu notwendigen Grundsauer und Vorteige. Panettone wird seit mehreren Jahren nach zum Teil geheimgehaltenen Rezepten produziert. Die in Tabelle 27 und 28 deshalb nur summarisch dargestellten Herstellungsverfahren zeigen, dass sehr viel Ähnlichkeit mit der herkömmlichen Sauerteigbereitung besteht. Der wichtigste



Tabelle 25. Bäckerei G, Grundsauer: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	10	5	5
Zellmorphologie	K, te	S, k	S, k
Milchsäurekonfiguration	DL	DL	DL
Wachstum bei 15 °C	10	100	100
Wachstum bei 45 °C	100	80	0
End-pH in M.R.S.-Bouillon	4,0	4,2	3,8
Gasbildung aus Glucose	0	100	100
Ammoniak aus Arginin	100	0	100
Diaminopimelinsäure	0	0	0
Vergärung von			
L-Arabinose	100	100	100
D-Arabinose	0	0	0
Amygdalin	100	100	100
Aesculin	100	20	60
Cellobiose	100	100	100
Fructose	100	100	100
Galaktose	100	100	100
Glucose	100	100	100
Gluconsäure	0	60	0
Lactose	0	0	0
Maltose	100	100	100
Mannit	10	100	0
Mannose	100	100	100
Melezitose	20	100	0
Melibiose	100	100	100
Raffinose	100	100	100
Rhamnose	0	0	0
Ribose	100	100	100
Salicin	100	100	100
Sorbit	20	100	0
Saccharose	100	80	100
Trehalose	100	100	100
Xylose	60	100	100
Sorbose	0	0	0
Identifikation	<i>P. pentosaceus</i>	<i>L. spec.</i>	<i>L. brevis</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

Unterschied liegt darin, dass ausschliesslich Weizenweissmehl verwendet wird. Als Starterkultur wird ein Grundsauer verwendet, der wahlweise nach zwei Verfahren aufgefrischt wird. Diese Grundsauer können jahrelang fortgeführt werden. Zur

Tabelle 26. Bäckerei G, Ansatz und reifer Teig: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate Isoliert aus	10 Ansatz	3 Ansatz	5 Ansatz	8 Teig	8 Teig
Zellmorphologie	K, te	S, k	S	K, te	S, k
Milchsäurekonfiguration	DL	DL	DL	DL	DL
Wachstum bei 15 °C	100	67	100	100	88
Wachstum bei 45 °C	100	67	80	88	50
End-pH in M.R.S.-Bouillon	3,8	4,2	3,75	3,8	4,2
Gasbildung aus Glucose	0	100	0	0	100
Ammoniak aus Arginin	100	0	0	100	0
Diaminopimelinsäure	0	0	100	0	0
Vergärung von					
L-Arabinose	100	100	100	100	100
D-Arabinose	0	0	0	0	0
Amygdalin	100	100	100	100	100
Aesculin	100	100	100	100	100
Cellobiose	100	100	100	100	100
Fructose	100	100	100	100	100
Galaktose	100	100	100	100	100
Glucose	100	100	100	100	100
Gluconsäure	20	100	100	88	88
Lactose	0	0	0	0	0
Maltose	100	100	100	100	100
Mannit	60	100	100	100	100
Mannose	100	100	100	100	100
Melezitose	100	100	100	100	100
Melibiose	90	100	100	100	100
Raffinose	80	100	60	100	100
Rhamnose	0	0	0	0	0
Ribose	100	100	100	100	100
Salicin	100	100	100	100	100
Sorbit	90	100	100	100	100
Saccharose	100	100	100	100	88
Trehalose	100	100	100	100	100
Xylose	70	66	100	100	100
Sorbose	0	0	0	0	0
Identifikation	<i>P. pento-</i> <i>saceus</i>	<i>L. spec.</i>	<i>L. plan-</i> <i>tarum</i>	<i>P. pento-</i> <i>saceus</i>	<i>L. spec.</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

Sicherheit im Falle von Fehlgärungen werden in diesem Betrieb parallel drei gleiche Grundsauer geführt. Diese Grundsauer werden je nach Bedarf nach dem Verfahren für Grundsauer I oder II bereitet. Über das Wochenende kommt die kalte Führung (II) zum Einsatz. Ziel dieser Art Gare ist es, möglichst wenig Essigsäure und viel Milchsäure zu produzieren, also die Vermehrung und die Stoffwechseltätigkeit von homofermentativen Milchsäurebakterien zu fördern. Der Einsatz von Presshefe ist zu keinem Zeitpunkt der Herstellung notwendig. Üblicherweise deckt der Bäcker die Teiglinge während der Gare ab, um eine Krustenbildung zu verhindern. Bei

*Tabelle 27.* Bäckerei H: Herstellungsverfahren für Ansatz und Grundsauer für die Panettoneproduktion

Ansatz	Weizenweissmehl, Wasser Hilfsstoffe (saure Milch, Kümmel, gebranntes Wasser, Bier, Malz) (nur 1. Ansatz)	
	Teigausbeute Teigstruktur Garzeit Auffrischung	170 weich 12 h/30 °C $\frac{1}{3}$ Ansatz $\frac{2}{3}$ Neuschüttung
	Fortführung bis Eignung als Grundsauer erreicht	1 Woche
Grundsauer I Grundsauer II	Fortführung wie Ansatz Teigausbeute Garzeit Auffrischung	150 72 h/3 °C $\frac{1}{3}$ Gundsauer $\frac{2}{3}$ Neuschüttung

*Tabelle 28.* Bäckerei H: zeitlicher Ablauf der Teigproduktion zur Panettoneherstellung

	Zeit (h)	Temperatur (°C)	Rezeptur
Ansatz Grundsauer	0	30	Mehl, Wasser
1. Vorteig	11	30	Mehl, Wasser
2. Vorteig	15	30	Mehl, Wasser
3. Vorteig	19	30	Mehl, Wasser
1. Hauptteig	23	27–28	Mehl, Wasser Fett, Zucker
2. Hauptteig	33	27–28	Mehl, Wasser Fett, Zucker
Backprozess	43		Rosinen



Panettone ist dies interessanterweise nicht notwendig, da selbst bei der langen Gare des 2. Hauptteiges von 10 Stunden die Oberfläche nicht austrocknet.

## 2. Koloniezahlen, pH-Werte und Säuregrade im Grundsauer und 3. Vorteig

Es wurden nur der reife Grundsauer und der 3. Vorteig nach der Gare untersucht (Tabelle 29). Die angewandten Milchsäurebakterien-Kulturmedien wiesen sehr unterschiedliche Koloniezahlen auf. Während auf modifiziertem M.R.S.-Agar im Grundsauer  $3 \times 10^3$  KBE  $g^{-1}$  und im 3. Vorteig  $5 \times 10^4$  KBE  $g^{-1}$  bestimmt wurden, konnten die Sorbinsäureagarplatten gar nicht ausgewertet werden, da nur kaum sichtbare pin point-Kolonien gebildet waren. Für Sauerteig übliche Koloniezahlen wurden auf Roggenkleieagar erreicht mit  $1 \times 10^9$  KBE  $g^{-1}$  im Grundsauer und  $1,2 \times 10^9$  KBE  $g^{-1}$  im 3. Vorteig. Auf modifiziertem Roggenkleieagar waren die Koloniezahlen um die Hälfte geringer.

Die Hefekoloniezahlen lagen mit  $6,1 \times 10^6$  KBE  $g^{-1}$  im Grundsauer und  $2,4 \times 10^6$  KBE  $g^{-1}$  im 3. Vorteig niedrig.

Die Enterobacteriaceen-Koloniezahl lag durchwegs unter  $10^3$  KBE  $g^{-1}$ .

Der reife Grundsauer hatte einen pH-Wert von 3,9, während der entsprechende Säuregrad bei 10,5  $Sr^\circ$  lag, was für einen reifen Sauerteig einen sehr tiefen Wert darstellt. Der pH-Wert des 3. Vorteiges lag bei 4,4, der entsprechende Säuregrad mit 8,5  $Sr^\circ$  noch tiefer als der Vergleichswert des Grundsauers.

## 3. Identifikation der Milchsäurebakterien und Hefen

Insgesamt wurden 44 Isolate von Kolonien aller Formen und Farben von Roggenkleieagar und modifiziertem M.R.S.-Agar nach Koloniezählungen im Grundsauer und 3. Vorteig untersucht (Tabelle 30 und 31). 24 von Roggenkleieagar abgeimpfte Kolonien wurden als *Lactobacillus divergens* identifiziert. Diese gasbildende *Lactobacillus*-Art musste für alle Tests in Roggenkleie-Bouillon vermehrt werden, da in M.R.S.-Bouillon keine Vermehrung erfolgte. Nach Kandler und Weiss (6) braucht diese *Lactobacillus*-Art einen noch unbekannten Wachstumsfaktor, der in Sojapepton und einigen Hefepasten und, wie die eigenen Untersuchun-

Tabelle 29. Bäckerei H: Koloniezahlen auf unterschiedlichen Kulturmedien, pH-Wert und Säuregrad in reifem Grundsauer und 3. Vorteig der Panettone-Produktion

Mikroorganismengruppen	Kulturmedien	Grundsauer (KBE $g^{-1}$ Teig)	3. Vorteig (KBE $g^{-1}$ Teig)
Milchsäurebakterien	M.R.S.-Agar mod.	$3 \times 10^3$	$5 \times 10^4$
	Roggenkleieagar	$1 \times 10^9$	$1,2 \times 10^9$
	Roggenkleieagar, mod.	$5 \times 10^8$	$6 \times 10^8$
Hefen	Malzextraktagar	$6,1 \times 10^6$	$2,4 \times 10^6$
Enterobacteriaceen	VRBD-Agar	$< 10^3$	$< 10^3$
	pH-Werte	3,9	4,4
	Säuregrad ( $Sr^\circ$ )	10,5	8,5

Tabelle 30. Bäckerei H, Grundsauer aus Panettone-Produktion: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	12	4	5
Zellmorphologie	S	S	S, k
Milchsäurekonfiguration	L	DL	D
Wachstum bei 15 °C	100	100	100
Wachstum bei 45 °C	0	0	0
Gasbildung aus Glucose	100	100	100
Ammoniak aus Arginin	nb	nb	nb
Diaminopimelinsäure	100	0	0
Vergärung von			
L-Arabinose	100	100	100
D-Arabinose	0	0	0
Amygdalin	100	0	0
Aesculin	100	0	80
Cellobiose	100	100	40
Fructose	100	100	100
Galaktose	0	100	0
Glucose	100	100	100
Gluconsäure	100	100	100
Lactose	0	0	0
Maltose	100	100	100
Mannit	50	100	100
Mannose	100	100	100
Melezitose	0	0	0
Melibiose	100	0	0
Raffinose	25	0	0
Rhamnose	0	0	0
Ribose	0	100	100
Salicin	100	80	100
Sorbit	100	0	0
Saccharose	0	0	0
Trehalose	100	25	100
Xylose	100	100	100
Sorbose	0	0	0
Identifikation	<i>L. divergens</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. spec.</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

gen gezeigt haben, offenbar auch in Roggenkleie-Bouillon vorhanden ist. Daneben wurde in diesen Sauerteigen auf modifiziertem M.R.S.-Agar *L. brevis* und *L. casei* und eine nicht genauer zu bestimmende *Lactobacillus*-Art nachgewiesen. *L. brevis* wurde allerdings nur aus Grundsauer, *L. casei* nur aus reifem Vorteig isoliert.

Tabelle 31. Bäckerei H, III. Vorteig aus Panettone-Produktion: geprüfte Eigenschaften der isolierten Milchsäurebakterien

Anzahl Isolate	12	6	5
Zellmorphologie	S	S, k	S
Milchsäurekonfiguration	L	D	L
Wachstum bei 15 °C	100	100	100
Wachstum bei 45 °C	0	0	20
Gasbildung aus Glucose	100	100	0
Ammoniak aus Arginin	nb	nb	0
Diaminopimelinsäure	100	0	0
Vergärung von			
L-Arabinose	100	100	100
D-Arabinose	0	0	0
Amygdalin	100	33	100
Aesculin	100	83	100
Cellobiose	100	17	60
Fructose	100	100	100
Galaktose	0	0	100
Glucose	100	100	100
Gluconsäure	100	100	100
Lactose	0	0	0
Maltose	100	100	100
Mannit	50	100	100
Mannose	100	100	100
Melezitose	0	0	100
Melibiose	100	33	60
Raffinose	25	17	20
Rhamnose	0	0	0
Ribose	0	100	100
Salicin	100	100	100
Sorbit	100	0	100
Saccharose	0	0	40
Trehalose	100	100	100
Xylose	100	100	60
Sorbose	0	0	0
Identifikation	<i>L. divergens</i>	<i>L. spec.</i>	<i>L. casei</i>

Zeichenerklärung siehe Tabelle 4

10 Hefeisolate von Malzextraktagarplatten des Grundsauers wurden als *S. cerevisiae* identifiziert (Tabelle 32).



**Tabelle 32.** Bäckerei H, Grundsauer aus Panettone-Produktion: morphologische und biochemische Merkmale der isolierten Hefen

Yeast Morphology Agar		
Kolonieform: weiss bis sehr schwach chamois, wenig erhaben, Koloniezentrum leicht höher, ganzrandig, meist rund, Oberfläche glatt, schwach glänzend, Konsistenz butterartig		
Malz-Bouillon		
Zellform: oval bis rund, multipolar sprossend Grösse 3–5 x 7–10 µm		
Cornmeal-Agar		
Kein Pseudomycel, Zellen rund bis oval		
Malzagar, V8-Agar		
Asci-Bildung: vereinzelt, Asci mit 2 runden glatten Sporen		
Assimilation und Fermentation		
Substrate	Fermentation	Assimilation
Glucose	100	100
Galaktose	100	100
Saccharose	100	100
Maltose	100	100
Cellobiose		100
Raffinose	0	100
Stärke		0
Melibiose		0
Ethylamin-HCl		0
Cadaverin		0
Nitrat		0
Anzahl geprüfte Stämme: 10		
Identifikation	– Art	: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
	– physiologische Rasse	: <i>steineri</i>

## Diskussion

### *Einfluss der Herstellungsverfahren und Technologieparameter auf die Qualität des Brotes*

Nach der Wahl des Herstellungsverfahrens, wie z. B. kurze direkte Führung, Hebelführung und Sauerteigführung, muss der Bäcker die optimalen Technologieparameter für das Verfahren finden. Aufgrund der unvermeidlichen Änderungen von Mehlqualität und Milieubedingungen kann der Bäcker die Parameter nicht exakt festlegen, sondern ist gezwungen, sie laufend anzupassen, um eine möglichst

optimale Brotqualität zu erhalten. Mit der Intensivknetung zur Erzielung einer mechanischen Teigreife und durch Zusatz von Backmitteln kann die Teigbereitung und Gärführung vereinfacht werden. Dies ist zweifellos ein gewisser Ersatz für die schwieriger abzuschätzende Gärführung beim Einsatz von Verfahren, deren Teigreifung primär durch die Beeinflussung der Mikroorganismenvermehrung gesteuert werden muss (10). Backmittel und Intensivknetung bieten zwar eine Alternative, um mit direkter Führung eine ansprechende Brotqualität zu erzielen, doch werden sie nie in der Lage sein, die durch die Vermehrung und Stoffwechseltätigkeit der Mikroorganismen verursachten Vorgänge zu ersetzen. Diese lassen sich nur durch den Einsatz von biologisch aktiven Starterkulturen annähernd nachvollziehen und beschleunigen.

Es wird immer wieder darauf hingewiesen, dass Hebelverfahren und Sauerteigverfahren der kurzen direkten Führung qualitativ überlegen sind. Hierzu wird aufgeführt,

- dass der Einsatz von Sauerteig bei der Weizenbrotherstellung zu einer Verbesserung der viscoelastischen Eigenschaften des Klebers führt (4),
- dass die Krumenstruktur weicher, bindiger und elastischer wird,
- dass sich ein besseres Brotvolumen ausbildet,
- dass eine geschmackliche Verbesserung bemerkbar ist
- und dass die Frischhaltung verbessert ist (14).

#### *pH-Werte und Säuregrade in mit unterschiedlichen Verfahren hergestellten Teigen*

pH-Werte und Säuregrade sind ein Mass für die Intensität der Stoffwechseltätigkeit der Milchsäurebakterien. Der Vergleich der absoluten Säuregradwerte wird allerdings dadurch erschwert, dass je nach Mikroflora im Teig die Säuerungstätigkeit der Milchsäurebakterien gehemmt oder gefördert werden kann (14). So geht beispielsweise von *Saccharomyces cerevisiae* eine leichte Säuerungshemmung für *Lactobacillus brevis lindneri* aus. Daneben kann die Absenkung des pH-Wertes durch die Pufferungskapazität des Teiges beeinflusst werden.

Die pH-Werte und Säuregrade der Teige und Hebel der Bäckereien A bis D lagen alle in einem für die Weizenbrotherstellung üblichen Bereich (Tabelle 33). Die etwas erhöhten Säuregradwerte der Bäckereien A und B dürften durch den Zusatz des Backmittels verursacht sein, die der Bäckerei D durch den Einsatz des Hebels.

In der Bäckerei C mit niedrigstem Säuregrad und höchstem pH-Wert war die Säuerung etwas schwächer als mit den anderen Hebeln und auch geringer als in den mit direkter Teigführung hergestellten Teigen der Bäckerei A und B. Die Wirkung dieses Hebels dürfte wahrscheinlich entsprechend gering sein.

Das Verfahren mit der ungewöhnlich langen Hebelführung der Bäckerei E kann aufgrund von pH-Wert und Säuregrad, aber auch des hohen Gehalts an Milchsäurebakterien nicht mehr als Hebel angesehen werden, sondern muss als Sauerteig bezeichnet werden. Ein Säuregrad von 16,9  $\text{Sr}^\circ$  und Koloniezahlen von über  $1 \times 10^9$  KBE  $\text{g}^{-1}$  bestätigen dies.

**Tabelle 33.** pH-Werte und Säuregrade in reifen Teigen, Hebeln und Sauerteigen der acht untersuchten Bäckereien

Bäckerei	Produkte	pH-Wert	Säuregrad (Sr°)
A	Teig, Ruchmehl	4,9	8,1
B	Teig, Ruchmehl	5,1	7,7
	Teig, Halbweissmehl	5,0	7,5
C	Hebel, Ruchmehl	5,9	5,6
D	Hebel, Ruchmehl	4,8	8,3
	Teig, Ruchmehl	5,2	7,8
	Hebel, Halbweissmehl	4,7	7,9
	Teig, Halbweissmehl	5,1	7,1
E	Hebel, Vollkornmehl	4,1	16,9
	Teig, Vollkornmehl	5,1	10,9
F	Grundsauer, Ruch-/Halbweissm.	3,8	17,1
	Grundsauer, Vollkornmehl	3,8	24,0
G	Grundsauer, Vollkornmehl	3,8	17,5
	Teig, Vollkornmehl	4,9	11,8
H	Grundsauer, Weissmehl	3,9	10,5
	3. Vorteig, Weissmehl	4,4	8,5

Als Vergleich können die von *Brümmer* (4) angegebenen Werte dienen, wonach bei Hebeln mit 4 Stunden Gärzeit noch keine Veränderung von pH-Wert und Säuregrad erfolgte. Der Säuregrad lag im Durchschnitt bei 2,8 Sr°, der pH-Wert bei 5,6. Für Hebel mit einer Standzeit über Nacht erfolgte eine Erhöhung des Säuregrades um 3 bis 3,5 Einheiten, der pH-Wert nahm auf 5,5 bis 5,0 ab.

Die Anwendung des Hebelverfahrens kann also zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen und muss keineswegs innerhalb der von *Brümmer* et al. (4) genannten Grenzen liegen. Es ist Aufgabe des Bäckers, die qualitätsbeeinflussenden Faktoren bei der Hebelherstellung so zu wählen, dass eine bestmögliche Brotqualität erreicht wird. Hierzu können aber keine allgemein gültigen Standardrezepturen angegeben werden. Jede Bäckerei muss die für sie günstigsten Bedingungen erarbeiten und den sich verändernden Umständen laufend anpassen. Das bedeutet, dass das Hebelverfahren nicht zwingend zu einer Qualitätsverbesserung führen muss. *Brümmer* et al. (4) weisen darauf hin, dass Teigsäuerungsmittel nicht die gleiche geschmacklich verbessernde Wirkung wie ein gut geführter Hebel erzielen. Dagegen kann die zusätzliche Anwendung von Malzmehl, Zucker und vor allem von Magermilchpulver in Hebeln zu weiteren geschmacklichen Verbesserungen führen.

Die in den untersuchten Sauerteigen der Bäckereien F, G und H aufgetretenen pH-Werte und Säuregrade lagen im erwarteten Bereich (Tabelle 33). Die Unter-



schiede sind einerseits durch die differierenden Gärzeiten, andererseits auch durch den unterschiedlichen Ausmahlgrad der verwendeten Mehle zu erklären. Dies zeigt sich bei der Bäckerei F, die ihren 1:1-Ruch-/Halbweissmehlsauer und ihren Vollkornsauer unter genau den gleichen Bedingungen führte, deren Säuregrade aber mit 17,1 und 24,0  $\text{Sr}^\circ$  sehr unterschiedlich waren.

Die mit Weissmehl geführten Panettone-Sauer hatten im Vergleich dazu einen noch niedrigeren Säuregrad. Er lag im gleichen Bereich wie bei den von *Spicher* (13) untersuchten Panettone-Sauerteigen. Diese Abhängigkeit des Säuregrades vom Ausmahlgrad des Mehles sollte sich möglicherweise für die Bildung von säuerlichen Geschmackskomponenten von Weizenmehlbrot ausnützen lassen. Dies wird von *Brümmer et al.* (4) bestätigt, die Brote von mit Ruchmehl angesetzten Sauerteigen als «etwas herb säuerlich», Brote von mit Weissmehl angesetzten Sauerteigen dagegen als «aromatisch säuerlich» beurteilten.

### *Milchsäurebakterien-Koloniezahlen in Teigen, Hebeln und Sauerteigen*

In Abbildung 1 sind die in Teigen, Hebeln und Sauerteigen ermittelten Koloniezahlen der Milchsäurebakterien zusammengefasst. In erster Linie interessieren die Koloniezahlen nach der Gare. Sie wurden deshalb für alle Untersuchungen aufgeführt. Bei Gärzeiten unter 3 Stunden ist nicht mehr mit einer nennenswerten Bakterienvermehrung zu rechnen. Deshalb wurden die Koloniezahlen zu Beginn der Gärzeit hauptsächlich für die Hebelverfahren bestimmt. Neben der Gärzeit und Gärtemperatur wird die Stoffwechselaktivität der Mikroflora in erster Linie von der Zahl der vermehrungsfähigen Milchsäurebakterien bestimmt.

In den beiden mit direktem Verfahren arbeitenden *Bäckereien A und B* waren die Koloniezahlen der Milchsäurebakterien vor und nach der Gare praktisch gleich. Während der kurzen Gärzeit fand keine Vermehrung statt. Der Einfluss dieser Mikroflora auf die Brotqualität dürfte gering sein.

In den mit Hebel arbeitenden *Bäckereien C und D* lagen die Koloniezahlen durchschnittlich um eine Zehnerpotenz höher. Dies ist zweifellos auf eine signifikante Bakterienvermehrung während der Hebelführung zurückzuführen. Dadurch sind die Voraussetzungen für die Brotherstellung mit diesen Hebeln verbessert.

Einschränkend ist aber festzustellen, dass die in der Bäckerei D ermittelten Koloniezahlen für die beiden frisch angesetzten Hebel höchstwahrscheinlich zu niedrig lagen. Die Werte beziehen sich ausschliesslich auf die auf modifiziertem M.R.S.-Agar ausgezählten Kolonien, auf dem erfahrungsgemäss nicht alle *Lactobacillus*-Arten wachsen können. Infolge Hefewachstums auf dem nichtselektiven Roggenkleieagar konnten die Milchsäurebakterien in Hebelansatz nicht bestimmt werden. Sie lagen sicher unter der Hefezahl von  $4 \times 10^6$  KBE  $\text{g}^{-1}$ , dürften aber doch mit etwa  $1 \times 10^5$  KBE  $\text{g}^{-1}$  zu veranschlagen sein.

Unverhältnismässig hoch lagen die Milchsäurebakterien-Koloniezahlen im frisch angesetzten Hebel der *Bäckerei E*. Trotz intensiver Nachfrage wurde versichert, keine «Starter» oder andere mikrobiologisch aktiven Zutaten benutzt zu haben. Eine eindeutige Erklärung für diese hohen Ausgangskeimzahlen von fast

Bäckerei	Verfahren	Gärtemp. (°C)	Gärzeit (h)	Untersuchungsmaterial
A	direkte F.	25-28/40	2	Teig, Ruchmehl
B	direkte F.	25 25	1,5 1,5	Teig, Ruchmehl Teig, Halbweissmehl
C	Hebelverf.	28	10	Hebel, Ruchmehl
D	Hebelverf.	25-30 25-30 25-30 25-30	8-10 2 8-10 2	Hebel, Ruchmehl Teig, Ruchmehl Hebel, Halbweissmehl Teig, Halbweissmehl
E	Hebelverf.	25-30 25-30	17 2	Hebel, Vollkornmehl Teig, Vollkornmehl
F	Sauerteig- Verfahren	25-28/5 25-28/5	6/18 6/18	Grundsauer, Ruch-/Halbw. Grundsauer, Vollkornmehl
G	Sauerteig- Verfahren	25-28 25-28 25-28	- 6 3	Grundsauer, Vollkornmehl Ansatz, Vollkornmehl Teig, Vollkornmehl
H	Sauerteig- Verfahren	30 30	12 4	Grundsauer, Weissmehl 3. Vorteig, Weissmehl

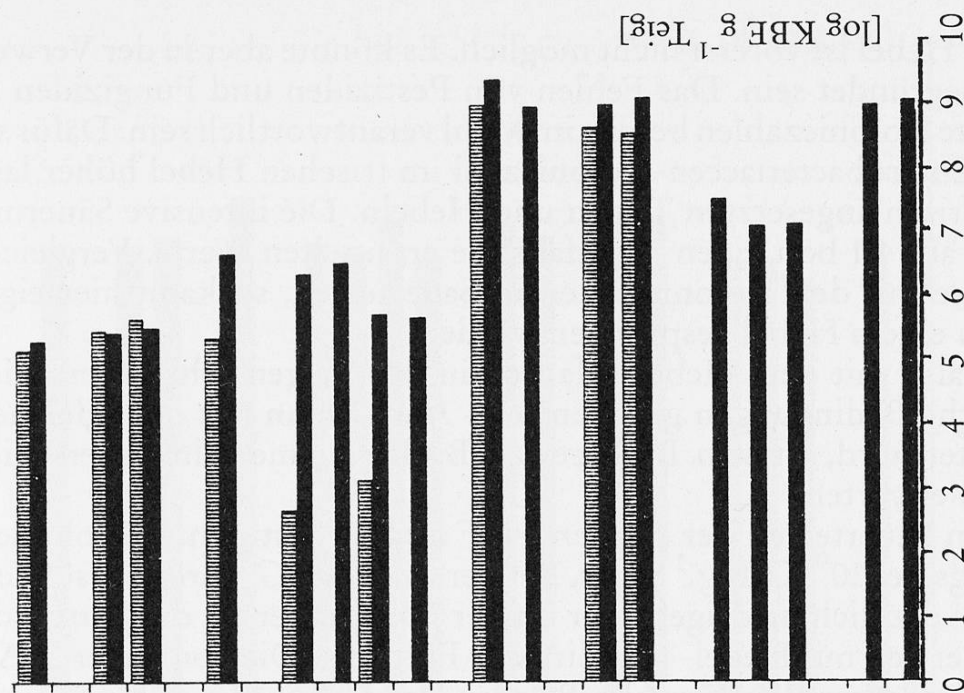


Abb. 1. Milchsäurebakterien-Koloniezahlen in mit unterschiedlichen Verfahren hergestellten Teigen, Sauerteigen und Hebeln von acht verschiedenen Bäckereien ▨ vor Gare ■ nach Gare



$1 \times 10^9$  KBE  $g^{-1}$  Hebel ist vorerst nicht möglich. Es könnte aber in der Verwendung von Biomehl begründet sein. Das Fehlen von Pestiziden und Fungiziden könnte für stark erhöhte Koloniezahlen bereits im Mehl verantwortlich sein. Dafür spricht, dass auch die Enterobacteriaceen-Koloniezahl im frischen Hebel höher lag als in allen anderen frisch angesetzten Teigen und Hebeln. Die intensive Säuerung und der pH-Abfall auf 4,1 bestätigen jedenfalls die ermittelten Werte. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den Koloniezahlen in Sauerteigen, so kann hier eigentlich nicht mehr von einem Hebel gesprochen werden.

Es können also mit dem Hebelverfahren in den Teigen sehr unterschiedliche mikrobiologische Bedingungen gegeben sein. Auch wenn mit dem gleichen Verfahren gearbeitet wird, ist von Bäckerei zu Bäckerei eine sehr unterschiedliche Brotqualität zu erwarten.

Die in reifen Sauerteigen der *Bäckereien F und H* bestimmten Koloniezahlen lagen durchwegs bei  $10^9$  KBE  $g^{-1}$  Sauer. Bei der *Bäckerei G* waren diese Werte mit  $2 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$  deutlich niedriger, aber immer noch höher als die Durchschnittswerte der Bäckereien mit Hebel- und direkter Führung. Die von anderen Autoren angegebenen Koloniezahlen für reife Roggen- und Weizenmehlsauerteige lagen ebenfalls im Bereich von  $10^9$  KBE  $g^{-1}$  (5, 13). Die signifikant höheren Zellzahlen in Sauerteigen im Vergleich zu reifen Hebeln hat eine entsprechend intensivere bakterielle Stoffwechseltätigkeit zur Folge. Mass dafür sind in erster Linie pH-Werte und Säuregrade. Dies führt zur Überlegung, dass bei kurzer direkter Führung durch Zusatz einer geringen Menge von Sauerteig ein gleicher Effekt erreichbar sein könnte wie beim Hebelverfahren, ohne dem Brot zugleich einen sauren Geschmack zu geben. Die deutlich kürzere Gärzeit wurde dabei durch die wesentlich höhere Keimzahl kompensiert.

### *Hefekoloniezahlen in Teigen, Hebeln und Sauerteigen*

In allen untersuchten Teigen lagen die Hefekoloniezahlen zwischen  $2,4 \times 10^6$  und  $4,6 \times 10^7$  KBE  $g^{-1}$  (Abbildung 2). Diese Befunde entsprechen den Angaben von *Spicher* (13). Beim direkten und beim Hebelverfahren sind diese Werte allerdings weniger aussagekräftig, da die Hefemenge jederzeit durch den Bäcker verändert werden kann, sei es bereits im Hebelansatz oder später bei der Teigrezeptur. Interessant ist aber, dass die in Sauerteigen bestimmten Hefekoloniezahlen im gleichen Bereich lagen.

Die mittleren Hefekoloniezahlen, die für eine befriedigende Lockerung eines Weizenmehlbrottes notwendig sind, dürften bei etwa  $5 \times 10^6$  bis  $1 \times 10^7$  KBE Hefen  $g^{-1}$  Teig liegen. Unterschiede sind durch wechselnde Mehlqualitäten und -sorten sowie unterschiedliche Knetvorgänge und Herstellungsverfahren begründet und können unterschiedliche Tribbleistungen der Hefen zur Folge haben. Sie sind auch im Sauerteig zu 90% für die  $CO_2$ -Bildung verantwortlich. Die optimale Teigaussbeute liegt bei etwa 190 oder darüber, die Temperatur bei 30 °C. Die Säuretoleranz der Hefen nimmt mit steigender Temperatur ab (8). In den untersuchten Bäckereien wurde die Optimumtemperatur weitgehend erreicht. Die Teigaussbeuten lagen in



Bäckerei	Verfahren	Gärtemp. (°C)	Gärzeit (h)	Untersuchungsmaterial
A	direkte F.	25–28/40	2	Teig, Ruchmehl
B	direkte F.	25 25	1,5 1,5	Teig, Ruchmehl Teig, Halbweissmehl
C	Hebelverf.	28	10	Hebel, Ruchmehl
D	Hebelverf.	25–30 25–30 25–30 25–30	8–10 2 8–10 2	Hebel, Ruchmehl Teig, Ruchmehl Hebel, Halbweissmehl Teig, Halbweissmehl
E	Hebelverf.	25–30 25–30	17 2	Hebel, Vollkornmehl Teig, Vollkornmehl
F	Sauerteig- Verfahren	25–28/5 25–28/5	6/18 6/18	Grundsauer, Ruch-/Halbw. Grundsauer, Vollkornmehl
G	Sauerteig- Verfahren	25–28 25–28 25–28	– 6 3	Grundsauer, Vollkornmehl Ansatz, Vollkornmehl Teig, Vollkornmehl
H	Sauerteig- Verfahren	30 30	12 4	Grundsauer, Weissmehl 3. Vorteig, Weissmehl

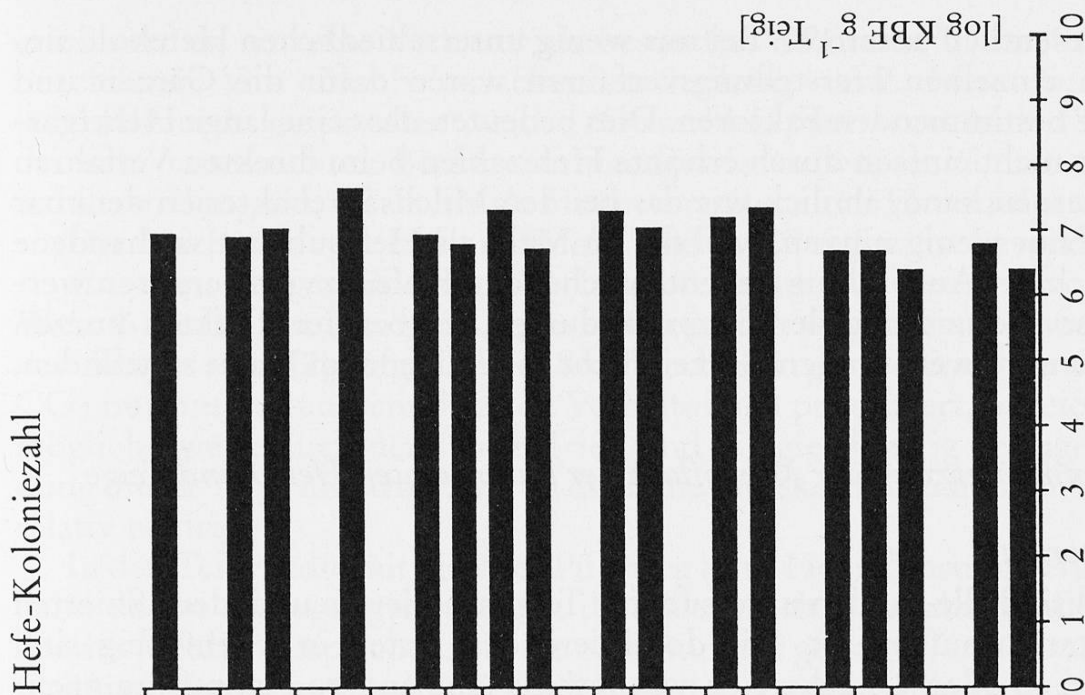


Abb. 2. Hefekoloniezahlen in mit unterschiedlichen Verfahren hergestellten reifen Teigen, Sauerteigen und Hebeln von acht Bäckereien

vielen Fällen wesentlich unter 190. Bei nur wenig unterschiedlichen Hefekoloniezahlen bei den einzelnen Herstellungsverfahren waren dafür die Gärzeit und -temperatur die bestimmenden Faktoren. Dies bedeutet, dass eine lange Hebelgarzeit über Nacht nicht einfach durch erhöhte Hefezahlen beim direkten Verfahren kompensiert werden kann, ähnlich wie das bei den Milchsäurebakterien denkbar ist. Dies würde nur wenig nützen, weil die im Mehl als Hefesubstrat vorhandene Maltose erst nach der Ausbildung der entsprechenden Hefeenzyme vergoren werden kann. Diese Induzierung der Enzyymbildung kann bei der direkten kurzen Teigführung mit nur zwei Stunden Garzeit nicht in genügendem Masse stattfinden.

### Artenzusammensetzung der Mikroflora der untersuchten Hebel und Teige

#### Milchsäurebakterien

In Tabelle 34 sind alle aus den untersuchten Teigen isolierten und identifizierten Milchsäurebakterien aufgeführt. Die dominierenden Arten in jedem Teig sind kursiv gedruckt. In allen 8 Bäckereien war jeweils eine andere Hauptflora nachweisbar. Dabei waren neben hetero- und homofermentativen *Lactobacillus*-Arten auch *Leuconostoc*-, *Streptococcus*- und *Pediococcus*-Arten vertreten. Dieser Befund wird erst in den neueren Arbeiten bestätigt (12, 13). Diese neu entdeckte Vielfalt

Tabelle 34. Die in Teigen, Hebeln und Sauerteigen der Bäckereien A bis H nachgewiesenen Milchsäurebakterien

Bäckerei	Milchsäurebakterienarten
A	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>Lactobacillus casei</i>
B	<i>Lactobacillus homohiochii</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus casei casei</i> <i>Lactobacillus casei pseudopantarum</i>
C	<i>Streptococcus lactis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i>
D	<i>Lactobacillus sanfrancisco</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Lactobacillus delbrückii</i> , <i>Lactobacillus spec.</i>
E	<i>Lactobacillus confusus</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus brevis</i>
F	<i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus casei</i> <i>Lactobacillus plantarum</i>
G	<i>Lactobacillus spec.</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus brevis</i>
H	<i>Lactobacillus divergens</i> <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Leuconostoc spec.</i>

erschwert es, einzelne Vertreter als besonders dominant in der Sauerteigflora zu bezeichnen. Von einer beherrschenden Stellung von *L. brevis lindneri* (13) kann jedenfalls nicht gesprochen werden. Obwohl *L. plantarum* in den Teigen von fünf der acht untersuchten Bäckereien nachgewiesen wurde, nimmt diese Art keine Sonderstellung ein, da sie nie als Hauptvertreter einer Flora aufgetreten war.

Der Nachweis von *L. homohiochii* und *L. divergens* ist besonders interessant. *L. divergens* als gasbildende, also heterofermentative Art und von Kandler und Weiss (6) auch als solche in die neueste Systematik aufgenommen, wurde neuerdings von Bruyns et al. (2) aufgrund der Stoffwechselwege als homofermentative Art, die CO<sub>2</sub> nur unter glucoselimitierten Verhältnissen produziert, bezeichnet. Damit ist möglicherweise auch der starke Trieb und die gleichzeitig geringe Essigsäurebildung dieser Teige erklärbar, waren doch die Hefekoloniezahlen mit  $4 \times 10^6$  KBE g<sup>-1</sup> relativ niedrig.

In den Teigen, die mit direkter Führung bzw. Hebelführung hergestellt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass die Milchsäurebakterienflora weitgehend der des Mehles entspricht, da keine oder nur eine geringe Vermehrung während der Gare und damit auch keine Veränderung der Artenzusammensetzung erfolgt war. In den Sauerteigen ist dagegen mit einer Selektion der sich rascher vermehrenden und/oder besser an das Teigmilieu angepassten Arten zu rechnen. Doch waren auch hier ausschliesslich Arten vertreten, die bereits im Ausgangsteig vorhanden waren. Somit kommt also der Mikroflora des Mehles eine entscheidende Bedeutung zu. Besonders interessant, aber bisher noch weitgehend unbekannt ist, woher die einzelnen Arten stammen, wie sie ins Mehl gelangen und unter welchen Umständen darin eine Vermehrung möglich ist. Dies gilt insbesondere auch für gelagertes Mehl aus biologisch angebautem Getreide.

### Hefen

Die aus den Brotteigen isolierten Hefen wurden ausschliesslich als *S. cerevisiae* identifiziert. Dabei wurden nur Hefen aus Teigen untersucht, denen nachweislich keine Presshefe zugesetzt war. Trotzdem konnten weder *Candida milleri*, *Candida krusei*, *Saccharomyces servazzi* noch *Pichia saitoi* nachgewiesen werden, wie dies von anderen Autoren angegeben wird (13–15). Die Untersuchungen beschränkten sich jeweils auf 20 Isolate pro Teig. Es ist deshalb möglich, dass noch andere Hefearten vorhanden waren, diese aber auf Grund wesentlich niedriger Koloniezahlen nicht erfasst werden konnten. Aber auch dann dürfte ihre Bedeutung nur sehr gering sein.

### Zusammenfassung

Bei 17 Teigen aus 8 Schweizer Bäckereien, die Weizenbrot mit direkter Führung oder mit Hebel- bzw. Sauerteigführung herstellen, wurde die Mikroflora quantitativ und qualitativ untersucht sowie pH-Werte und Säuregrade bestimmt.

Die Teige wiesen im Durchschnitt folgende Koloniezahlen von Milchsäurebakterien auf: nach direkter Führung  $10^5$  g<sup>-1</sup>, nach Hebelführung  $10^6$  g<sup>-1</sup> und nach Sauerteigführung  $10^9$  g<sup>-1</sup>. Die Hefezahlen lagen unabhängig vom Verfahren im Bereich von  $3 \times 10^6$  bis  $2 \times 10^7$  g<sup>-1</sup>.



In direkt geführten Teigen dominierten *L. mesenteroides* und *L. homohiochii*, in reifen Hebeln *S. lactis*, *L. mesenteroides*, *P. pentosaceus*, *L. sanfrancisco* sowie *L. confusus* und in Sauerteigen *P. pentosaceus*, *L. brevis*, *L. casei* sowie *L. divergens*. Alle Hefen wurden als *S. cerevisiae* identifiziert.

Die pH-Werte mit direkter Führung und nach Hebelverfahren veränderten sich während der Gare nur unwesentlich. Die pH-Werte der Sauerteige lagen zwischen 3,8 und 4,5.

Die Säuregrade in Teigen mit direkter Führung und nach Hebelverfahren wiesen Säuregrade zwischen 6 und 9  $\text{Sr}^\circ$  auf, während sie bei Sauerteigen zwischen 10 und 24  $\text{Sr}^\circ$  lagen. Der Ausmahlungsgrad des Mehls spielte dabei eine massgebende Rolle. Je dunkler das Mehl war, desto höher war der Säuregrad.

### Résumé

La microflore quantitative et qualitative ainsi que le pH et le degré d'acidité ont été déterminés sur 17 pâtes provenant de 8 boulangeries suisses qui produisent du pain avec du blé en travail direct ou sur levain, respectivement levain acide.

En moyenne, les pâtes présentent les nombres de colonies de bactéries lactiques suivantes: en travail direct  $10^5 \text{ g}^{-1}$ , sur levain  $10^6 \text{ g}^{-1}$  et sur levain acide  $10^9 \text{ g}^{-1}$ . La microflore de la levure se situe, indépendamment de la méthode de fabrication, entre  $3 \times 10^6$  jusqu'à  $2 \times 10^7 \text{ g}^{-1}$ . En conduite de pâte directe dominant *L. mesenteroides* et *L. homohiochii*, dans les levains mûrs *S. lactis*, *L. mesenteroides*, *P. pentosaceus*, *L. sanfrancisco* et *L. confusus*. Dans les levains acides on trouve *P. pentosaceus*, *L. brevis*, *L. casei* ainsi que *L. divergens*. Toutes les levures furent identifiées comme *S. cerevisiae*. Les valeurs pH des pâtes en conduite directe ou sur levain ne varient que faiblement durant la fermentation. Les valeurs pH des pâtes sur levain acide oscillent entre 3,8 et 4,5. Le degré d'acidité des pâtes en conduite directe et sur levain varie entre 6 et 9  $\text{Sr}^\circ$ , tandis que celui sur levain acide se situe entre 10 et 24  $\text{Sr}^\circ$ . Le degré de mouture de la farine joue un rôle important: plus la farine est foncée et plus le degré d'acidité est élevé.

### Summary

Qualitative and quantitative aspects of the microflora as well as pH-values and acidity of 17 doughs out of 8 Swiss bakeries were examined. The doughs were produced either by the straight-dough process or by the use of naturally fermented leavens or commercially available sourdoughs. The average colony counts of lactic acid bacteria were  $10^5 \text{ g}^{-1}$  for dough produced with the straight method with the dominance of *L. mesenteroides* and *L. homohiochii*,  $10^6 \text{ g}^{-1}$  in ripe leavens, the flora consisting mainly of *S. lactis*, *L. mesenteroides*, *P. pentosaceus*, *L. sanfrancisco* and *L. confusus* and  $10^9 \text{ g}^{-1}$  in sourdoughs, the flora being dominated by *P. pentosaceus*, *L. brevis*, *L. casei* and *L. divergens*. All of the isolated yeasts were identified as *S. cerevisiae*. The pH values of sourdoughs were found to be between 3.8 and 4.5, the corresponding degrees of acidity varying between  $10^\circ$  and  $24^\circ$ . Doughs produced by the straight method and doughs containing leaven did not show a drop in pH values, the acidity fluctuating between  $6^\circ$  and  $9^\circ$ . The formation of acid was influenced by the flour grades, brown flour showing higher acidity than white flour.

## Literatur

1. Barber, S., Bagen, R., Martinez-Anaya, M. and Torner, M.J.: Microflora of the sourdough of wheat flour bread. I. Identification and functional properties of microorganisms of industrial sourdoughs. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* **23**, 552–561 (1983).
2. De Bruyn, I., Louw, A.I., Visser, L. and Holzappel, W.H.: *Lactobacillus divergens* is a homofermentative organism. *System. Appl. Microbiol.* **9**, 173–175 (1987).
3. Bode, J. und Seibel, W.: Säuerungen und Führungen: Begriffsbestimmungen. *Getreide, Mehl, Brot* **36**, 11–12 (1982).
4. Brümmer, J.M., Stephan, H. und Spicher, G.: Backtechnische Wirkung von Weizen- und Weizensauerteigen. *Getreide, Mehl, Brot* **38**, 203–205 (1984).
5. Guillemet, R., Sonntag, G. et Guilbot, A.: Sur le gluten de la farine de blé. *C.R. Acad. Agr. Fr.* **28**, 491–495 (1942).
6. Kandler, O. and Weiss, N.: Section 14, Regular nonsporing grampositive rods. In: Holt, J.G. (ed.), *Bergey's manual of systematic bacteriology*, Vol. 2. Verlag Williams & Wilkins, Baltimore 1986.
7. Lönner, C., Welander, T., Molin, N., Dostalek, M. and Blickstad, E.: The microflora in a sour dough started spontaneously on typical Swedish rye meal. *Food Microbiology* **3**, 3–12 (1987).
8. Mar, A.: Die Anwendung von Mikroorganismen und den Stoffwechselprodukten bei der Verarbeitung von Getreide und Mahlerzeugnissen des Getreides. *Swiss Food* **3**, 50–57 (1981).
9. Ottogalli, G. and Galli, A.: Microbiological quality of flours sourdough for bakery products and spaghetti. *Food Microb. Techn.* **13**, 155–160 (1979).
10. Sonntag, G.: Problèmes de la fermentation panaière. La qualité du pain. Ed. CNRS, Paris 1960.
11. Spicher, G.: Die Sauerteiggärung. *Chem. Mikrobiol. Techn. Lebensm.* **10**, 65–77 (1986).
12. Spicher, G.: Die Mikroflora des Sauerteiges. XXII. Mitt.: Die in Weizensauerteig vorkommenden Laktobazillen. *Z. Lebensm. Unters. -Forsch.* **184**, 300–303 (1986).
13. Spicher, G. und Schröder, R.: Die Bedeutung der Sauerteighefen für die Sauerteiggärung. *Getreide, Mehl, Brot* **32**, 295–301 (1978).
14. Spicher, G. und Stephan, H.: *Handbuch Sauerteig*. Verlag BBV Wirtschaftsinformationen GmbH, Hamburg 1984.
15. Stephan, H.: Qualitätssteigerung durch Vorteig und Weizensauerteig. *Allg. Bäcker-Z.* **40**, 3–4 (1985).
16. Sugihara, T.F., Kline, L. and Miller, M.W.: Microorganisms of the San Francisco sourdough bread process. I. Yeasts responsible for the leavening action. *Appl. Microbiology* **21**, 456–458 (1971).

Dr. O. Geiges  
Ingenieurschule  
CH-8820 Wädenswil