

Die Mikroflora des Sauerteiges

X.Mitteilung: Die backtechnische Wirkung der in „Reinzuchtsauern“ auftretenden Milchsäurebakterien (Genus *Lactobacillus* Beijerinck)* **

Gottfried Spicher, Reinhard Schröder und Hans Stephan

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

The Microflora of Sourdough

X. Communication: The Baking-Performance of the Lactic Acid Bacteria occurring in Starter Cultures („Reinzuchtsauer“)

Summary. The homo- and heterofermentative lactic acid bacteria of the subgenus *Thermobacterium*, *Streptobacterium*, and *Betabacterium*, isolated from starter cultures („Reinzuchtsauer“), were compared in a baking test. They were used in this test after enrichment in a rye-bran-extract broth (30 °C/24 h), preculture in a rye-flour dough (dough yield 200, 30 °C/24 h) and application by the methods of a three stage sour dough, „Detmolder“ one stage sour dough or „Berliner“ short sour dough. The baking performance of the sour dough bacteria resp. sour doughs was judged in rye-breads. Even the application of different sour dough bacteria as starter cultures let follow breads with different characteristics of quality (e.g. crumb elasticity, aroma) resulted under our test conditions. *Lactobacillus brevis* var. *lindneri* was adequate to the influences coming from the „Reinzuchtsauer“ under all conditions of the dough process. *L. fructivorans* and *L. brevis* were suitable starter cultures in the „Berliner“ short sour-process and „Detmolder“ on stage sour-process. The homofermentative sour dough bacteria *L. plantarum*, *L. fructivorans*, *L. casei* mostly produced acidification adequate for a good crumb elasticity. But they did not contribute to optimal taste of the bread.

Zusammenfassung. Die aus „Reinzuchtsauern“ isolierten homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien der Untergattung *Thermobacterium*, *Streptobacte-*

rium und *Betabacterium* wurden im Backversuch vergleichend überprüft. Ihre Anwendung erfolgte nach Anreicherung in Roggenkleie-Extrakt Bouillon (30 °C/24 Std), Vorkultur in einem Roggenmehlteig (Teigausbeute 200, 30 °C/24 Std) und Heranführung unter den Bedingungen eines Dreistufensauers, Detmolder-Einstufensauers oder Berliner Kurzsauers. Die Beurteilung der backtechnischen Wirkung der Sauerteigbakterien bzw. Sauerteige erfolgte an Roggenbroten. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen hatte der Einsatz der verschiedenen Sauerteigbakterien als Starterkultur Brote mit unterschiedlichen Qualitätseigenschaften (u. a. Porenbild, Elastizität der Krume, Aroma) zur Folge. Den vom „Reinzuchtsauer“ ausgehenden Einflüssen entsprach unter allen Führungsbedingungen weitgehend *Lactobacillus brevis* var. *lindneri*. Bei Einsatz im Zusammenhang mit der Berliner Kurzsauerführung und der Detmolder Einstufensauerführung erwiesen sich auch *L. fructivorans* und *L. brevis* als Starterkultur geeignet. Die homofermentativen Sauerteigbakterien bedingten zwar zumeist eine Säuerung, die ausreichte, um der Brotkrume eine gute Elastizität zu verleihen (*L. plantarum*, *L. farciminis*, *L. casei*), jedoch keine optimale Ausbildung der geschmacklichen Eigenschaften des Brotes.

An den Sauerteig sind zwei Forderungen zu stellen. Er muß geeignet sein, den Roggenmehlteig bzw. den rogenmehlhaltigen Teig derart zu säuern, daß sowohl eine gute technologische als auch geschmackliche Qualität der aus diesem herzustellenden Brote gewährleistet ist. Während die technologische Qualität der Brote (Elastizität der Krume, Porung u. a.) vornehmlich von der erzielten Erniedrigung des pH-Wertes abhängt, stehen deren geschmackliche Eigenschaften mit den im Verlaufe der Sauerteiggärung auftretenden Stoffwechselprodukten (u. a. Milch- und Essigsäure) im Zusam-

* Nr. 4679 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“

menhang. Um eine umfassende Aussage über die technologische Bedeutung der im Sauerteig auftretenden Milchsäurebakterien – und auch von Handhaben zur Auswahl geeigneter Stämme als Starterkultur – zu erlangen, bedarf es daher sowohl der Kenntnis ihrer Säuerungsleistung unter den Bedingungen der verschiedenen Sauerteigführungen, als auch der Auswirkungen der betreffenden Sauerteige auf die Brotqualität. Ziel der vorangegangenen Untersuchungen war es, einen Einblick in das Verhalten der Sauerteigbakterien im Rahmen der Heranführung eines Dreistufensauers, eines Detmolder Einstufensauers und eines Kurzsauers zu gewinnen [1]. Zur Ergänzung des gewonnenen Bildes wurde nunmehr dem Verhalten derartiger Sauerteige, die sich von den in Rede stehenden Sauerteigbakterien herleiten, im Backversuch nachgegangen.

Material und Methoden

Zur Überprüfung der Sauerteigbakterien des „Reinzuchtsauers“ entsprechend der Überprüfung der backtechnischen Wirkung der aus Sauerteigen und „Spontansauerteigen“ isolierten Milchsäurebakterien vorgehen [2, 3]. In Abänderung hierzu folgende Bedingungen einhalten:

Vorkultur der Sauerteigbakterien in Roggenkleie-Extrakt-Bouillon bei 30 °C über 24 Std, Bakterien abzentrifugieren, mehrmals mittels physiol. NaCl-Lösung waschen und sodann in physiolog. NaCl-Lösung aufnehmen (Herstellung der Roggenkleie-Extrakt-Bouillon entspr. [4]. Bereitung des Anstellgutes aus 100 g Roggenmehl (Type 997) und 90 ml Leitungswasser unter Zugabe von 10 ml der Bakterien-Suspension der Vorkultur. Heranführen bei 30 °C über 24 Std.

Die Sauerteige unter Verwendung von Roggenmehl, Type 997, heranführen als

Dreistufensauer (Anfrischsauer:	TA: 220, 25 °C/ 6 Std
Grundsauer:	TA: 170, 27 °C/ 9 Std
Vollsauer:	TA: 190, 30 °C/ 3 Std)
Detmolder Einstufensauer	(TA: 180, 26 °C/18 Std)
Berliner Kurzsauer	(TA: 190, 35 °C/ 3 Std)

Zum Vergleich Sauerteige ansetzen, bei denen das Anstellgut zum einen unter Verwendung eines handelsüblichen „Reinzuchtsauers“ (Herkunft B, vgl. [1]) bereitet wird, zum anderen unter Verwendung eines „Spontansauers“. „Spontansauer“ bereiten unter Ansetzen eines Mehl-Wasser-Teiges (TA: 200) und Heranführen bei 25 °C für 48 Std.

Die Auswirkung der verschiedenen Arten von „Sauerteigbakterien“ unter Verwendung der als Dreistufensauer, Einstufensauer und Kurzsauer herangeführten Sauerteige an freigeschobenen Roggenbrotten überprüfen [5–7]. Roggenbrote herstellen aus 550 g Roggenmehl, Type 997, 100 g Weizenmehl, Type 812, 630 g Sauerteig, 10 g Hefe, 15 g Salz und 660 ml Wasser. Die Beurteilung der Brote etwa 18 Std nach dem Backen entsprechend den Richtlinien der Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V. [8] vornehmen.

Zur Bereitung des Anstellgutes als auch der Sauerteige, der Spontansauerteige und der Teige Roggenmehl der Type 997 verwenden (Asche: 0,97, Rohprotein: 8,7, Maltosezahl: 1,5, ges. red. Maltose: 2,5, Anfangsviskosität: 75 AE, Maximumviskosität: 370 AE, Maximumtemperatur: 64 °C, Verflüssigungswert: 116, Fallzahl: 132).

Ergebnisse

Die Untersuchungen zur Ermittlung von Aussagen über die backtechnische Wirkung der Milchsäurebakterien des Sauerteiges wurden mit einer Auswahl von Stämmen der jeweiligen Arten durchgeführt. Berücksichtigung fanden Stämme, die hinsichtlich der zu erwartenden Absenkung des pH-Wertes und des sich im Verlaufe der Sauerteigführung einstellenden Säuregrades der im vorangegangenen Zusammenhange ermittelten Gruppen-Charakteristika weitgehend entsprechen [1]. Insgesamt liegen den im folgenden dargelegten Befunden 231 Säuerungs- und 70 Backversuche zugrunde. Diese beziehen sich auf die Anwendung der Reinkulturen im Rahmen einer Dreistufen-Sauerführung (16 Backversuche), einer Einstufen-Sauerführung (26 Backversuche) als auch einer Kurz-Sauerführung (28 Backversuche).

Die backtechnische Wirkung der Sauerteigbakterien bei Einsatz als Starter für Dreistufensauerteige

Die Sauerteige, die unter Animpfen mit den überprüften Vertretern der vier Arten *homofermentativer Sauerteigbakterien* und dreistufiger Heranführung gewonnen wurden, bedingten Brote, die sich durch eine nur mäßige Säuerung (pH 4,7 bis 4,4; °SH unterhalb 6,6), bzw. eine daraus resultierende mangelhafte bis noch gute Elastizität der Krume und einen aromaarmen Geschmack auswiesen (Tabelle 1). Am günstigsten waren Brote bzw. Sauerteige zu beurteilen, die sich von Sauerteigbakterien der Art *Lactobacillus plantarum* oder *L. farciminis* herleiteten.

Demgegenüber konnten aus Dreistufen-Sauerteigen, die unter Verwendung von *heterofermentativen Sauerteigbakterien* herangeführt worden waren, z. T. Brote hergestellt werden, die sich in ihrer Säuerung (mit Ausnahme von *L. fermentum*- und *L. buchneri*-Sauerteigen) vom „Reinzuchtsauer-Brot“ nur wenig unterschieden (pH 4,4 bis 4,2; °SH 8,2 bis 9,0). Zieht man die Elastizität der Krume und den Geschmack in die Beurteilung mit ein, dann stellen sich die *Lactobacillus brevis var lindneri*-Kulturen als Sauerteigbakterien dar, die in ihren backtechnischen Wirkungen dem zum Vergleich herangezogenen Reinzuchtsauer weitestgehend entsprechen.

Die backtechnische Wirkung der Sauerteigbakterien bei Einsatz als Starter für Detmolder Einstufensauerteige

Bei einstufiger Heranführung der Kulturen über 18 Std erbrachten von den *homofermentativen Sauerteigbakterien* nur die Arten *Lactobacillus plantarum* und *L. farciminis* Sauerteige, aus denen Brote von annehmbarer Qualität resultierten (Tabelle 2). Bei einem pH von 4,45

Tabelle 1. Die Qualitätsmerkmale von Dreistufen-Sauerteigen und Broten in Abhängigkeit von der Art der als Starterkultur verwendeten Sauerteigbakterien

Dreistufensauer	Anzahl der Stämme	Sauerteig		Säuerung		Qualitätsmerkmale des Brotes															
		pH	Sr°	pH	Sr°	Elastizität der Krume					Geschmack										
						1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5					
<i>L. acidophilus</i>	4	4,50 4,20 - 5,00	7,25 5,00 - 8,20	4,60 4,35 - 4,75	6,40 5,80 - 6,80																
<i>L. casei</i>	3	4,25 4,10 - 4,30	7,00 6,60 - 7,50	4,70 4,65 - 4,80	6,20 6,10 - 6,50																
<i>L. plantarum</i>	3	4,05 3,95 - 4,15	7,90 7,60 - 8,20	4,50 4,45 - 4,60	6,50 6,20 - 6,60																
<i>L. farciminis</i>	3	3,95 3,95 - 4,00	8,10 8,00 - 8,30	4,40 4,35 - 4,50	6,60 6,40 - 6,80																
<i>L. brevis</i>	5	4,20 4,10 - 4,40	9,95 9,00 - 11,20	4,40 —	8,00 7,90 - 8,10																
<i>L. brevis var. lindneri I</i>	6	3,90 3,80 - 4,00	11,50 10,60 - 12,30	4,30 4,20 - 4,30	8,90 8,30 - 9,20																
<i>L. brevis var. lindneri II</i>	6	3,90 3,80 - 4,00	11,65 11,20 - 12,00	4,25 4,10 - 4,30	9,00 8,90 - 9,20																
<i>L. buchneri</i>	4	4,35 4,30 - 4,40	9,10 8,50 - 9,60	4,60 4,55 - 4,70	7,70 7,60 - 7,90																
<i>L. fermentum</i>	4	4,30 4,20 - 4,50	8,45 7,50 - 9,70	4,70 4,65 - 4,75	6,80 6,40 - 7,10																
<i>L. fructivorans</i>	5	4,25 4,10 - 4,50	9,30 8,20 - 11,10	4,30 4,10 - 4,50	8,50 8,20 - 8,70																
Reinzuchtsauer (B)	2	3,80 3,70 - 3,90	12,55 11,60 - 13,40	4,30	8,50 8,10 - 9,00																
Spontansauer	1	4,60 —	6,10 —	4,80 —	6,10 —																

Zeichenerklärung:

Elastizität der Krume: schwach (1), mangelhaft (2), befriedigend (3), noch gut (4) bzw. gut (5)
 Geschmack der Krume: fade (0), etw. fade (1), aromaarm (2), nicht abgerundet oder wenig aromatisch (3), noch einwandfrei (4) bzw. einwandfrei (5)

bis 4,20 und einem Säuregrad von 7,50 bis 7,90 war deren Krumenelastizität noch gut (*L. farciminis*) bzw. noch gut bis befriedigend (*L. plantarum*). Der Geschmack des Brotes fiel allerdings ab und war als aromaarm zu bezeichnen. Demgegenüber ergab die Verwendung der durch *Lactobacillus acidophilus* und *L. casei* gesäuerten Teige Brote mit nur mangelhafter bis befriedigender Elastizität und aromaarmem Geschmack.

Unter den *heterofermentativen Sauerteigbakterien* heben sich hinsichtlich des Ergebnisses der Führung des Sauerteiges wie auch der resultierenden Qualitätsmerkmale des Brotes die Vertreter der Art *Lactobacillus brevis var. lindneri* heraus, da sie bezüglich dieser Kriterien weitgehend dem Reinzuchtsauer entsprachen (pH 4,3 bis 4,28 °SH 9,15). Durch *Lactobacillus brevis*, *L. buchneri* und *L. fructivorans* war immerhin noch eine befriedigende bis noch gute Elastizität der Krume des Brotes gewährleistet (pH 4,6 bis 4,4 °SH 8,2 bis 8,8) bei aromaarmem (*L. buchneri*) bis wenig aromatischem Geschmack (*L. brevis*, *L. fructivorans*). Einzig bei *Lactobacillus fermentum* reichte die Säuerung des Teiges bzw. Brotes nur für eine mangelhafte bis befriedigende

Krumenelastizität aus. Der Geschmack der Brote erwies sich als etwas fade.

Die backtechnische Wirkung der Sauerteigbakterien bei Einsatz als Starter für Berliner Kurzsauerteige

Die unter Verwendung *homofermentativer Sauerteigbakterien* gewonnenen Kurzsauerteige ergaben in keinem Fall Brote mit befriedigenden geschmacklichen Eigenschaften. Ohne Ausnahme war der Geschmack fade und unterschied sich somit kaum von demjenigen der Brote, die sich von Spontansauerteigen herleiteten (Tabelle 3). Allerdings konnten gewisse Abstufungen hinsichtlich der Elastizität der Krume festgestellt werden. Während im Falle der Verwendung von *L. plantarum* und *L. farciminis* als Starter die Elastizität „noch gut“ war (pH 4,5 bis 4,25; °SH 7,6 bis 7,9) und damit der Wirkung des Reinzuchtsauers sehr nahe kam, resultierte aus der Verwendung der *Lactobacillus acidophilus*- und *L. casei*-Kurzsauerteige eine mangelhafte bzw. mangelhaft bis befriedigende Krumenelastizität (pH 5,45 bis 4,6; °SH 5,35 bis 6,9).

Selbst die mit *heterofermentativen Sauerteigbakterien* angesetzten Kurzsauerteige erbrachten keine vollauf befriedigende Ausbildung des Brotgeschmacks. Im günstigsten Fall lautet die Bewertung „wenig aromatisch“ (*L. brevis* var. *lindneri*, *L. fructivorans*), wohingegen sich das „Reinzuchtsauer“-Brot durch einen „noch einwandfreien“ bis „einwandfreien“ Geschmack auszeichnete. Ebenfalls reichte die Säuerung dieser Brote (pH 4,35 bis 4,3; °SH 8,65 bis 9,25) nur aus, um eine „noch gute“ Elastizität der Krume zu gewährleisten. Brote aus *L. brevis*-Kurzsauerteigen besaßen eine befriedigende Krumenelastizität und einen aromaarmen Geschmack. Demgegenüber erwiesen sich die *L. buchneri* und *L. fermentum*-Kurzsauerteige als unzureichend gesäuert. Zwar hatte sich am Ende der Führung ein niedrigerer pH-Wert bzw. ein etwas höherer Säuregrad eingestellt als beim spontanen Kurzsauer, dennoch reichte dies nur für eine mangelhafte bis befriedigende Elastizität der Krume aus. Der Geschmack der Brote war fade.

Diskussion

Zur Heranführung eines Sauerteiges stehen den Bäcker-technologen eine Reihe von Sauerteigführungen zur Auswahl. Diese unterscheiden sich vornehmlich hinsichtlich der einzuhaltenden Temperatur, der Teigausbeute und ihrer zeitlichen Begrenzung. Die Bevorzugung des einen oder anderen „Führungsschemas“ richtet sich insbesondere nach den Eigenschaften des zu versäuernden Roggenmehles, der Rezeptur des herzustellenden Brotes und dem zeitlichen Ablauf der Produktion. Bei der im vorliegenden Zusammenhange erörterten, vergleichenden Überprüfung der backtechnischen Wirkung der in „Reinzuchtsauern“ auftretenden homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien wurden drei Führungen ausgewählt, die durch gegensätzliche Parameter bestimmt sind. Während unter den Bedingungen der Kurzsauerführung der Sauerteig bereits innerhalb von 3 Std (35 °C) seine volle Verwendungsfähigkeit erlangt haben soll, wird bei der Heranführung eines Detmolder Einstufensauers eine Reifezeit von 18 Std (26 °C) eingehalten. Zwar dauert die Führung des Dreistufensauers ebenfalls 18 Std an, jedoch schließt diese einen Wechsel in der Temperatur (25 °C – 27 °C – 30 °C) und der Teigausbeute (220 – 170 – 190) ein.

Der eigentliche Backversuch erfolgte im Rahmen der Herstellung von freigeschobenen Roggenbroten. Bereits Schulz [9] hatte darauf hingewiesen, daß die wertfördernden bzw. wertmindernden Wirkungen der Sauerteigbakterien bezüglich der Form des Brotes, der Porung und der Elastizität der Krume und vor allem der Geschmack des Brotes am genauesten als auch am

leichtesten bei freigeschobenen Roggenmehlbroten festzustellen sei. Ebenfalls war bei der Festlegung der Versuchsbedingungen der vorangegangenen backtechnischen Überprüfungen der aus Sauerteigen und „Spontansauerteigen“ isolierten Milchsäurebakterien dieser Brottyp gewählt worden [2, 3]. Entsprechend den Befunden der vorangegangenen Säuerungsversuche, resultierte aus der Verwendung der verschiedenen, in Sauerteigen auftretenden Milchsäurebakterien als Starterkultur eine kräftigere Säuerung des Brotes, als diese von „spontan“ herangeführten Sauerteigen ausgeht. Jedoch lassen sich – in gleicher Weise wie hinsichtlich der Säuerung des Sauerteiges – auch an den Qualitätsmerkmalen der Brote deutliche Unterschiede ablesen. Grundsätzlich reichte die Säuerung eher aus, um die zu fordernde technologische Qualität des Brotes zu gewährleisten (u. a. Porenbild und Elastizität der Krume) als gute geschmackliche Eigenschaften. Vor allem ließen die unter Verwendung der homofermentativen Sauerteigbakterien (insbesondere *L. plantarum* und *L. farciminis*) angesetzten Sauerteige unter den Bedingungen der gewählten Führungen bei vielfach ausreichender Säuerung die zu erwartende Beeinflussung des Geschmacks der Brote vermissen. Demgegenüber stellte sich bei einer Säuerung der Teige durch heterofermentative Sauerteigbakterien zumeist auch ein mehr oder weniger befriedigender Geschmack der Brote ein. Das beste Backergebnis erbrachten stets die Vertreter der Art *Lactobacillus brevis* var. *lindneri*. Im Falle einer dreistufigen Heranführung entsprachen die Qualitätsmerkmale der Brote sogar weitaus denen von Broten, die unter Verwendung von „Reinzuchtsauer“-Sauerteigen bereitet worden waren. Soweit *L. fructivorans* und *L. brevis* als Starter eingesetzt wurden, waren jedoch befriedigende technologische und geschmackliche Eigenschaften der Brote nur im Rahmen der Berliner Kurzsauerführung und der Detmolder Einstufensauerführung gegeben. Dabei zeichnete sich kein Unterschied zu den Wirkungen der Sauerteigbakterien der Art *L. brevis* var. *lindneri* ab.

Zieht man einen Vergleich zu der in einer vorangegangenen Mitteilung [1] dargelegten Zusammensetzung der Mikroflora von „Reinzuchtsauern“, dann ist festzustellen, daß sich die im Säuerungsversuch [4] als auch im Backversuch heraushebenden heterofermentativen Sauerteigbakterien auf die „Reinzuchtsauer“ der verschiedenen Hersteller unterschiedlich verteilen. Während *Lactobacillus brevis* var. *lindneri* nur in den „Reinzuchtsauern“ des Herstellers „B“ nachzuweisen war, ist *Lactobacillus fructivorans* als der typische Vertreter der Mikroflora der Reinzuchtsauer des Herstellers „A“ anzusprechen. *Lactobacillus brevis* ordnet sich vornehmlich den Reinzuchtsauern der Herkunft „C“ zu, wenngleich er auch unter der Mikroflora der Reinzuchtsauer der Herkunft „B“ auftritt.

Literatur

1. Spicher G, Schröder R (1978) Die Mikroflora des Sauerteiges. IV. Mitteilung: Untersuchungen über die Art der in „Reinzuchtsauern“ anzutreffenden stäbchenförmigen Milchsäurebakterien (Genus *Lactobacillus* Beijerinck). *Z Lebensm Unters Forsch* 167: 342–354
2. Spicher G, Stephan H (1964) Die Mikroflora des Sauerteiges. II. Mitteilung: Untersuchungen über die backtechnische Bedeutung der aus Sauerteigen isolierten stäbchenförmigen Milchsäurebakterien (Genus *Lactobacillus* Beijerinck). *Zbl Bakt II Abt* 118: 453–471
3. Spicher G, Stephan H (1966) Die Mikroflora des Sauerteiges. III. Mitteilung: Untersuchungen über die Art der in „Spontansauerteigen“ anzutreffenden Milchsäurebakterien und ihre backtechnische Bedeutung. *Zbl Bakt II Abt* 120: 685–702
4. Spicher G, Schröder R (1980) Die Mikroflora des Sauerteiges. IX. Mitteilung: Vergleichende Untersuchungen über die Säuerungsleistung der in „Reinzuchtsauern“ auftretenden Milchsäurebakterien (Genus *Lactobacillus* Beijerinck). *Z Lebensm Unters Forsch* 170: 262–266
5. Pelschenke P F, Schulz A, Stephan H (1974) Berliner Kurzsauerteigführung. Merkblatt Nr. 72 der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e V Detmold
6. Stephan H (1960) Detmolder Einstufenführung. Merkblatt Nr. 41 der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e V, Detmold
7. Stephan H (1972) Dreistufige Sauerteigführungen mit 3- bzw. 8stündiger Vollsaurereifezeit. Merkblatt Nr. 78 der Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e V, Detmold
8. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e V (1978) Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot. 6. erweiterte Auflage Moritz Schäfer, Detmold
9. Schulz A (1941) Die Bakterienflora des Vollkornbrotsauerteiges. *Vorrats Lebensm Forsch* 78: 78–100

Eingegangen am 13. März 1980