

Über den Verderb von Obstdauerwaren durch Schimmelpilze.

Von

N. MALTSCHESKY.

Mitteilung aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe.

(Eingegangen am 1. April 1955.)

Der Verderb von Marmeladen und Konfitüren wird des öfteren durch Schimmelpilze hervorgerufen. Die Gefahr des Verschimmeln ist deshalb so groß, weil die Keime der Schimmelpilze in Obst und Zucker, den beiden Hauptbestandteilen dieser Obstdauerwaren, vorkommen. Wenn sie im Herstellungsprozeß nicht abgetötet werden, können sie unter günstigen Bedingungen gelegentlich bei der Lagerung zum Auswachsen kommen. Außerdem besteht die Möglichkeit, daß die Schimmelpilzsporen auch während der Herstellung in diese Obsterzeugnisse aus der Luft oder durch die verwendeten Geräte hereingebracht werden.

Obwohl man bei den Obstdauerwaren mit dem Befall von Schimmelpilzen häufig zu tun hat, ist es wenig bekannt geworden, welche Arten von Schimmelpilzen hauptsächlich den Verderb von Marmeladen und Konfitüren verursachen. Um diese Frage zu klären und damit die Bekämpfung des mikrobiellen Verderbs zu erleichtern, erscheint es zweckmäßig, die vorliegenden Beobachtungen und Erfahrungen über die Entwicklung der Schimmelpilze im Rohzucker, in Zuckerlösungen und Obstsubstraten zusammenfassend darzustellen und die noch offenen Fragen zu studieren.

Das Vorkommen von Schimmelpilzen im Rohzucker.

Schon im Jahre 1843 entdeckte PAYEN¹ in einer Raffinerie von Paris in gelagertem Zucker einen unbekanntem Mikroorganismus, welcher die Flächen von Hut- und Laibzucker rötlich verfärbte, kleine Aushöhlungen bildete und dadurch den Zucker unverkäuflich machte. Einige Jahre später wurde von PAYEN ein ähnlicher Zucker verderb wieder festgestellt, wobei zwei z. T. unterschiedliche Mikroorganismen gefunden wurden. Diese identifizierte MONTAGNE als *Glycyphila erythrospora* (mit rotem Pigment) und *Glycyphila eleospora* (mit olivem oder grauem Pigment).

In den meisten der nachfolgenden Untersuchungen wurden als die gefährlichsten Verderber von Rohzucker vorwiegend die Schimmelpilze aus der Gattung *Penicillium* genannt². Darunter waren hauptsächlich *P. divaricatum* und *P. glaucum* vertreten. An zweiter Stelle wurden die Schimmelpilze aus der Gattung *Aspergillus* genannt³, und zwar hauptsächlich *A. glaucus*, *A. rhizopi*, *A. sydowi*, *A. flavus* und *A. parasiticus*.

¹ PAYEN, M.: C. r. Acad. Sci. (Paris) **33**, 393 (1851).

² AMONS, W. J. T.: Arch. Suikerindus. Nederl. Indie, Meded. Proefstat. Java-Suikerindus. **24**, 1911 (1916); **24**, 1225 (1917); zit. nach G. J. HUCKER u. C. S. PEDERSON: Food. Res. **7**, 457 (1942); zit. nach W. L. OWEN: The Microbes of Sugar, Sirup, Molasses. Reference Book Barr Owen-Res. Enterpr. (1949). — BROWNE, C. A.: Ind. Engin. Chem. **10**, 178 (1918) — KAMERLING, Z.: Proefstat. Suiterriet West-Java, Kogak., **97** (1899); zit. nach G. J. HUCKER u. C. S. PEDERSON. — SCOTT, J.: Int. Sugar J. **14** (166), 582 (1912); **14**, (167), 633 (1912). — SCHÖNE, A.: Dtsch. Zuckerind. **34**, 1338 (1906); **36**, 247 (1911). — SCHOREY, E. C.: J. Soc. Chem. Ind. **17**, 555 (1898). — TOWNSEND, C. O.: Science (Lancaster, Pa.) **19**, 418 (1904).

³ GREIG-SMITH, R.: Int. Sugar J. **4**, 430 u. 481 (1902). — SCHÖNE, A.: Zit. diese S., Anm. 2. — SCOTT, J.: Zit. diese S., Anm. 2. — AMONS, W. J. T.: Zit. diese S., Anm. 2. — BIJL, P. A. VAN DER: Union South Africa, Dept. Agric., Sci. Bull. **12** (1920); zit. nach G. J. HUCKER u. C. S. PEDERSON: Zit. diese S., Anm. 2. — BIJL, P. A. VAN DER: South Afric. J. Sci. **18**, 232 (1922); zit. nach J. W. TANNER: Microbiol. of Foods (1944). — KOPELOFF, N., H. Z. E. PERKINS, u. C. J. WELCOME: J. Agric. Res. **20**, 637 (1921). — FELLERS, C. R.: J. Bacter. **25**, 67 (1933).

In viel geringerem Maße erwiesen sich als Verderber von Rohzucker die Schimmelpilze aus der Gattung *Mucor*¹. Nach den Resultaten der späteren Untersuchungen stellte es sich heraus, daß auch bestimmte *Monilia*-Arten — besonders *M. nigra* und *M. fusca*, und *Oidium* für den Verderb von Rohzucker verantwortlich waren — sowie auch einige Arten der Gruppe *Fungi imperfecti*².

Als Resultat der Entwicklung von Schimmelpilzen auf Rohzucker wurde von SCHÖNE, SCOTT und TOWNSEND eine Veränderung des Zuckers durch Invertierung festgestellt. In gelagertem Zucker, der anfangs 0,2% von Invertzucker enthielt, stieg dieser Gehalt nach 105 Tagen bis auf 1,01%³ an. Nach Beimpfung eines mit Alkohol sterilisierten Zuckers mit Pilzsporen stellte AMONS nach 35 Tagen einen Anstieg im Wassergehalt, im Vergleich zu der Kontrolle, fest. Das dabei ausgewachsene Pilzmycel vermochte mit Hilfe des adsorbierten Wassers die Saccharose zu invertieren. Das Auftreten der Schimmelpilze als gefährliche Verderber von gelagertem Zucker beobachtete OWEN^{4, 5} in Zusammenhang mit deren Fähigkeit, sich bei hohen Zuckerkonzentrationen entwickeln zu können. Nach seiner Meinung blieben bei einer Zuckerkonzentration von 69° Brix, bei der keine Entwicklung von Bakterien und *Torula* mehr möglich war, die Sporen von Schimmelpilzen noch resistent. Auch in Farinzucker wurde ein Verderb durch Schimmelpilze festgestellt; dabei besaßen diese Mikroorganismen eine viel stärkere Fähigkeit, den Zucker zu invertieren als die Hefen¹. Nach BROWNE² sind nicht alle Schimmelpilze imstande, den Zucker zu invertieren; diejenigen aber, die ihn invertieren können, vermochten dasselbe nicht in gesättigten Zuckerlösungen. Die Untersuchungen von gelagertem Zucker und Melasse ergaben eine Verminderung des Gehalts an Saccharose und eine Erhöhung des Gehalts an Invertzucker, wobei noch organische, nicht zuckerartige Substanzen gebildet waren^{8, 9}. Bei Lagerung in offenen Reservoirs veränderte sich die Melasse in eine poröse „carbonaceous“ Masse. Als Ursache dieses Verderbs wurden die Methoden der Behandlung und die Wirkung von nicht zuckerhaltigen Stoffen und Mikroorganismen bezeichnet. KOPELOFF, PERKINS und WELCOME⁸ beschreiben eine durch *Aspergillus sydowi* im Zucker hervorgerufene Fermentation, bei welcher sich ein hydrophiler Polysaccharid bildete, der ein Gel („levan“ genannt) darstellte. Durch zahlreiche Analysen von verschiedenen Zuckerlösungen wurde festgestellt, daß dieser „Gum“ (oder Gel) mit Hilfe eines in den Sporen der Schimmelpilze vorkommenden Ferments Levanase aus dem Invertzucker entstanden war.

Bei Untersuchungen von Ahornzucker und Ahornsirup wurde von FELLERS⁹ bestätigt, daß ein schlechter Geschmack derselben durch einige Schimmelpilze (darunter besonders durch *Aspergillus*-Arten) verursacht wurde, wobei bei der Invertierung die hygroskopischen Eigenschaften des Zuckers erhöht wurden.

Zur Frage, welche Bedingungen bei Lagerung von Zucker die Entwicklung der Schimmelpilze fördern können, wurden viele Untersuchungen durchgeführt. SCOTT¹⁰

¹ SCHÖNE, A.: Zit. S. 172, Anm. 2

² BROWNE, C. A.: Zit. S. 172, Anm. 2. — BIJL, P. A. VAN DER: Zit. S. 172, Anm. 3.

³ GREIG-SMITH, R.: Zit. S. 172, Anm. 3.

⁴ OWEN, W. L.: Louisiana Agric. Exper. Stat. Bull. 11, 162 (1918).

⁵ OWEN, W. L.: Facts about Sugar 20, 178, 300, 442, 518, 566, 705 (1925).

⁶ BROWNE, C. A.: Ind. Engng. Chem. 21, 600 (1929).

⁷ BROWNE, C. A.: Ind. Engng. Chem. 17, 734 (1939).

⁸ KOPELOFF, N, H. Z. E. PERKINS u. C. J. WELCOME: Zit. S. 172, Anm. 3.

⁹ FELLERS, C. R.: Zit. S. 172, Anm. 3.

¹⁰ SCOTT, J.: Zit. S. 172, Anm. 3.

meinte, daß die Sporen der Schimmelpilze lange Zeit im Zucker unbemerkt vorhanden bleiben können und nur bei günstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen zum Auswachsen kommen. Nach seiner Auffassung kann die Art des Zuckers die Reaktionsaktivität der Schimmelpilze beeinflussen. Im Zusammenhang mit dieser Meinung stehen vielleicht die Beobachtungen von WILCOX, MILLER und MILNER¹, welche bei Verwendung von verschiedenen Zuckerarten wie Rübenzucker, Rohrzucker und Glucose eine unterschiedliche Fermentationsaktivität durch die Mikroorganismen feststellten, die aber höher als dieselbe in vitaminfreien Substraten war. Die Verfasser versuchten diese Tatsache durch die Anwesenheit von verschiedenen Wuchsstoffen zu erklären und fanden in der aus Mais gewonnenen Glucose und in Rübenzucker Thiamin, Nicotinsäure, Pyridoxin, Pantothensäure und Biotin.

Als die wichtigste Ursache des Auftretens von Schimmelpilzen im Rohrzucker wurde eine mangelhafte hygienische Behandlung genannt². Die Infektion kann auch leicht durch die Luft oder durch die verwendeten Geräte eintreten³. Eine außerordentliche Gefahr für den Zucker bei seiner Lagerung stellt ein Feuchtigkeitsgehalt dar, wenn er eine gewisse Grenze übersteigt³. In einem Zucker mit weniger als 1% Wassergehalt konnte nur ein schwacher Verderb durch Schimmelpilze hervorgerufen werden^{5, 6}. Andererseits wird die Entwicklung von Pilzsporen durch eine nicht genügend alkalische Reaktion des Zuckers begünstigt³. Bei Untersuchungen des gelagerten Rohrzuckers in verschiedenen Gegenden Deutschlands stellte SCHÖNE⁷ fest, daß in den sauren Proben durchschnittlich mehr Pilzkeime vorhanden waren als in den alkalischen Zuckerproben. Auch kann das Vorhandensein von nicht zuckerartigen, stickstoffhaltigen Stoffen im Zucker die Entwicklung von Schimmelpilzen stark fördern. Außer Feuchtigkeit und Reaktion des Zuckers spielt auch die Temperatur eine wichtige Rolle bei dem Verderb von gelagertem Zucker durch Schimmelpilze.

Über den Verderb von Zuckerlösungen durch Schimmelpilze.

ESCHENHAGEN¹⁰ war einer der ersten, der in Zuckerlösungen den Einfluß verschiedener Zuckerkonzentrationen auf das Wachstum von Schimmelpilzen untersucht hatte. Er stellte fest, daß einige von diesen Mikroorganismen gegenüber einem hohen osmotischen Wert sehr widerstandsfähig waren. Bei den mikrobiologischen Untersuchungen der Zuckersäfte in einigen Fabriken Deutschlands wurden von SCHÖNE⁷ nur *Leuconostoc* und einige andere schleimbildende Bakterien als Verderber von Zuckerlösungen gefunden. Doch wurde später festgestellt, daß wie beim Verderb von Rohrzucker, so auch beim Verderb von Zuckerlösungen Schimmelpilze aus der Gattung *Penicillium* öfters auftraten¹¹. Nach den Beobachtungen von BROWNE¹²

¹ WILCOX, A. C., B. S. MILLER u. M. MILNER: Cereal Chemistry **30**, 427 (1953); ref. in Ber. wiss. Biol. **90**, 55 (1954).

² GREIG-SMITH, R.: Zit. S. 172, Anm. 3.

³ SCHÖNE, A.: Zit. S. 172, Anm. 2.

⁴ TOMKINS, R. G.: Rep. Food Invest. Board **1928**, 41.

⁵ KOPELOFF, N., u. H. KOPELOFF: Ind. Engng. Chem. **11**, 845 (1919).

⁶ FELLERS, C. R.: Zit. S. 172, Anm. 3.

⁷ SCHÖNE, A.: Z. Ver. dtsh. Zuckerind. **54**, 1060 (1904).

⁸ ESCHENHAGEN: Diss. Univ. Leipzig 1889; zit. nach G. HUCKER u. C. PEDERSON: Food Res. **7**, 459 (1942).

⁹ GROVE, O.: Annu. Rep. Agric. horticult. Res. Stat., Univers. Bristol **34** (1918); zit. nach G. HUCKER u. C. PEDERSON: Vgl. S. 172, Anm. 2.

¹⁰ BROWNE, C. A.: Zit. S. 172, Anm. 2.

sind für den Verderb von Zuckersirup außer *Penicillium*- auch *Monilia*- und *Torula*-Arten verantwortlich, welche eine starke Fermentationskapazität besitzen. Die Schimmelpilze aus der *Aspergillus*-Gattung wurden von SCOTT¹ für den Verderb von Zuckerlösungen als solche von sekundärer Wichtigkeit bezeichnet.

Über die Grenzkonzentrationen an Zucker für die Entwicklung von Schimmelpilzen wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Doch kann man leider aus den älteren Veröffentlichungen keine eindeutigen Zahlenwerte entnehmen, da die Angaben unzureichend sind. Dem Inhalt nach sind jedoch die Arbeiten von THIELE², HEALD und POOL³, GROVE⁴, KOPELOFF und BYALL⁵, PRESCOTT⁶ und BEZSSONOFF^{7,8} interessant. Demgegenüber finden sich Zahlenwerte z. B. bei VAN DER BIJL⁹, der spezielle Versuche mit 4 Pilzstämmen anstellte, die er aus Zucker von Südafrika isolierte (*Aspergillus*, *Stemphylium*, *Sterigmatalocystis* und *Harmadendron eladosporoides*). Als höchste Konzentration von Zucker wurde die von 63° Brix verwendet, bei welcher die genannten Schimmelpilze — mit Ausnahme von *Stemphylium* — auswachsen konnten. Ferner finden wir bei OWEN^{10, 11}, daß bei einer Zuckerkonzentration von 69° Brix, bei welcher Bakterien und *Torula* nicht mehr wachstumsfähig sind, die Schimmelpilze sich noch gut entwickeln können.

KRUMBHOLZ¹² beobachtete bei der Herstellung von Obstdauerwaren, daß der zugesetzte Rohrzucker durch den Einfluß von Fruchtsäuren (besonders bei einer Temperaturerhöhung) sehr bald invertiert wird. Die dabei gebildete Glucose kann eine hemmende Wirkung gegenüber einigen Schimmelpilzen ausüben. Es wurde auch bestätigt¹³, daß ein Glucosesirup das Wachstum von Mikroorganismen stärker hemmt als ein Saccharosesirup. Dementsprechend wurde festgestellt, daß die mit Glucose hergestellten Obsterzeugnisse — im Gegensatz zu den mit Saccharose vorbereiteten — nicht verdorben waren. Die Wirkung der verschiedenen Konzentrationen von Glucose und Saccharose in Minerallösungen und Obstsaften (von Äpfeln, Ananas und Pampelmusen) wurde untersucht¹⁴; danach stellte sich heraus, daß die Hemmungswirkung des Zuckers mit seinem osmotischen Wert in Verbindung steht. Da die Monosaccharide einen höheren osmotischen Wert besitzen, verhinderte Glucose das Wachstum von *Saccharomyces cerevisiae* und *Aspergillus niger* stärker als Saccharose in gleicher Konzentration. Die Intensität der Hemmungswirkung bei den Hefen in Glucoselösung stieg bedeutend nach einer Erhitzung auf 100° C während 15 min; dagegen wurde bei *Aspergillus niger* unter denselben Bedingungen keine Erhöhung der Hemmungswirkung beobachtet.

Die Tatsache, daß die Hemmungswirkung der verschiedenen Zuckerarten von ihrem osmotischen Wert abhängig ist, sollte nach der Meinung der Verfasser bei der Obstbewertung beachtet werden.

¹ SCOTT, J.: Zit. S. 172, Anm. 2.

² THIELE: Einfluß der Lösungen verschiedener Konzentration auf Schimmelpilze. Diss. Univ. Leipzig 1896; zit. nach G. HUCKER u. C. PEDERSON: Vgl. S. 172, Anm. 2.

³ HEALD, F. D., u. V. W. POOL: Neb. Agric. Exper. Stat., 21st Annu. Rep. 54 (1908); zit. nach G. HUCKER u. C. PEDERSON; vgl. S. 172, Anm. 2.

⁴ GROVE, O.: Zit. S. 174, Anm. 9.

⁵ KOPELOFF, N., u. S. BYALL: J. Agric. Res. 18, 537 (1920).

⁶ PRESCOTT, S. C.: J. Bacter. 5, 109 (1920).

⁷ BEZSSONOFF, N.: Ber. dtsh. bot. Ges. 36, 225 (1918).

⁸ BEZSSONOFF, N.: Ber. dtsh. bot. Ges. 36, 646 (1918).

⁹ BIJL, P. A.: Zit. S. 172, Anm. 3.

¹⁰ OWEN, W. L.: Zit. S. 173, Anm. 4.

¹¹ OWEN, W. L.: Zit. S. 173, Anm. 5.

¹² KRUMBHOLZ, G.: Obst- u. Gemüse-Verwert.-Ind. 23, 70 (1936).

¹³ FELLERS, C. R., J. MILLER u. T. ONSDORFF: Industr. Engng. Chem. 29, 946 (1937).

¹⁴ TARKOW, L., C. R. FELLERS u. A. S. LEVINE: J. Bacter. 44, 367 (1942).

Gleichzeitig mit der fermentativen Veränderung der Zuckerlösungen trat auch eine farbmäßige Veränderung derselben durch einige *Penicillium*-Arten ein¹. SCOTT stellte fest, daß die bräunliche Farbe der Zuckerlösung durch *Penicillium chrysogenum* in gold-gelblich, durch *Penicillium purpurogenum* in rot-purpur umschlug. Auch wurde die Zuckerlösung bei Auswachsen von *Penicillium*-Arten rasch sauer. Die produzierten Säuren waren des öfteren Oxal- oder Citronensäure, doch wurden auch andere Säuren gebildet. Derselbe Autor stellte ebenfalls fest, daß bei saueren Bedingungen die Invertase der Schimmelpilze inaktiviert wird und abhängig von der Zusammensetzung des Substrates die Funktion und die morphologischen Eigenschaften bei den Schimmelpilzen sich verändern können.

Aus diesem kurzen Überblick sieht man, daß verschiedene Schimmelpilz-Arten ganz unterschiedlich in Rohzucker wie auch in Zuckerlösungen sich verhalten und eine Veränderung dieser Substrate hervorrufen können. Wie schon früher erwähnt, sind die Schimmelpilze der *Penicillium*-Gruppe als die verbreitetsten Verderber von Rohzucker und Zuckerlösungen anzusehen und können dementsprechend eine ernste Gefahr bei Frischhaltung von Obstdauerwaren darstellen. Am häufigsten wurden diese Pilzstämme auch bei Untersuchungen von verschiedenen Konditoreiwaren von PANASSENKO² gefunden. So wurden in Proben von Konfitüren und Marmeladen 12 verschiedene *Penicillium*- und 3 *Aspergillus*-Arten isoliert: *P. chlorophaeum* Bi., *P. chrysogenum* Th., *P. citreo-viride* Bi., *P. columnare* Th., *P. commune* Th., *P. italicum* Weh., *P. Lagerheimi* Westl., *P. luteum* Zuk., *P. Melini* Th., *P. purpurogenum* Fl.-St., *P. roqueforti* Th., *P. rugulosum* Th., *A. repens* (Cor.), *A. terreus* Th. und *A. varians* Weh.

Nach den Erfahrungen von OWEN³ werden alle in den Zuckererzeugnissen vorkommenden und den Verderb hervorrufenden Mikroorganismen in 4 Gruppen eingeteilt: 1. Epiphyte Flora, 2. Bodenmikroorganismen, 3. aus der Luft und dem Staub stammende und 4. thermophile Bakterien.

Wie stark die Infektion zuweilen im Rohzucker sein kann, sieht man in der bei SCHÖNE⁴ von COUSINS zitierten Arbeit über Jamaika-Zucker, der zur Herstellung von Obst- oder sonstigen Konserven als absolut unbrauchbar bezeichnet wurde. Selbst in besten Sorten dieses Zuckers wurde eine große Anzahl von Mikroorganismen gefunden, welche sehr widerstandsfähig waren und auch in stark konzentrierten Lösungen eine hohe Gärfähigkeit aufwiesen.

Daß auch in anderen zuckerhaltigen Erzeugnissen ein Verderb durch Mikroorganismen hervorgerufen werden kann, zeigt der Sammelbericht von HUCKER und PEDERSON⁵, welche in ihrem umfangreichen Material über den Verderb von Rohzucker und Zuckerlösungen auch über den Verderb von Ahorn-Zucker, Melasse, Honig usw. mitteilen.

Über das Vorkommen von Schimmelpilzen im Obst.

Der Verderb von Konfitüren und Marmeladen kann nicht nur durch eine, mit dem Zucker hereingebrachte Infektion hervorgerufen werden, sondern auch durch die Früchte, den zweiten Bestandteil dieser Obstdauerwaren, verursacht werden. Da über das Vorkommen von Pilzsporen auf der Oberfläche von Früchten — und über ihre Fähigkeit, bei entsprechenden Bedingungen auszuwachsen — genug

¹ SCOTT, J.: Zit. S. 172, Anm. 3.

² PANASSENKO, W. T.: Mikrobiologija (russ.) 21, 14 (1941).

³ OWEN, W. L.: Zit. S. 172, Anm. 2.

⁴ SCHÖNE, A.: Dtsch. Zuckerind. 33, 638 (1908).

⁵ HUCKER, G. J., u. C. S. PEDERSON: Food Res. 7, 457 (1942).

bekannt ist, bleibt uns nur festzustellen, welche Schimmelpilze hauptsächlich im Obst auftreten.

Bei Untersuchungen des auf den Straßen von Paris verkäuflichen Obstes wurden¹ in großer Menge Schimmelpilzkeime, unter welchen öfters *Penicillium glaucum* und *Rhizopus nigricans* vertreten waren, gefunden. Ein besonders häufiger Befall durch Schimmelpilze bei den Citrusfrüchten wurde von TANNER² festgestellt. KLOTZ und DE WOLFE³ erwähnen einen Verderb von Citronen durch *Trichoderma lignorum*, *Penicillium spec.*, *Sclerotinea sclerotiorum* und *Alternaria citri*. Von gelagerten Orangen und aus der Lagerumgebung wurden von BEN-MEIER⁴ 30 verschiedene Arten von Schimmelpilzen isoliert; unter allen diesen Stämmen konnten nur *Penicillium digitatum* und *Penicillium italicum* als Verderber bezeichnet werden. In Äpfeln und Äpfelsäften fand man⁵ folgende, den Verderb hervorrufende Schimmelpilze: *Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Botrytis* und *Oospora*.

Daß die Keime der auf Obst und Gemüse vorhandenen epiphyten Mikroorganismen während der Herstellung von Obst- und Gemüsedauerwaren sich vermehren können, zeigte HOFFMANN⁶ in seinen Untersuchungen von rohen Früchten und Säften (von Brombeeren, Heidelbeeren, Trauben, Orangen und Mandarinen).

Auch ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber Austrocknen bei den auf Obst vorhandenen Mikroorganismen sehr groß. So wurden im weißen Belag von trockenen Pflaumen und Feigen inmitten der Zuckerkrystalle Keime verschiedener Mikroorganismen-Gruppen gefunden, die zum Auswachsen fähig waren⁷. Aus den Untersuchungen von ROBERG⁸ mit *Aspergillus*-Kulturen ist zu ersehen, daß die Conidien dieser Pilze auch nach 10—16jährigem Austrocknen wachstumsfähig blieben. Dabei behielten die aus alten Conidien ausgewachsenen Mycelfäden ein völlig normales Aussehen. Die Beobachtungen von ZOBL⁹ über die Lebensdauer von Pilzkulturen (wobei 153 verschiedene Pilzarten untersucht wurden), zeigten, daß die *Mucorineae* am empfindlichsten gegen Austrocknen sind und schon innerhalb 6 bis 18 Monaten absterben können. Die pathogenen Pilze und alle anderen Peritheciensbildenden Pilze erwiesen sich als am widerstandsfähigsten gegenüber Trockenheit.

Von großem Interesse ist die Tatsache, daß die Infektion durch Mikroorganismen nicht nur von außen auf die Früchte gebracht werden kann, sondern auch durch einen viel komplizierteren Weg vor sich geht (MITTMANN-MAIER)¹⁰. In den Versuchen mit *Monilia cinerea* und *Monilia fructigena* wurde festgestellt, daß die Früchte von einem vom Pilz befallenen Zweig aus auch befallen werden; jedoch geht die Entwicklung des Pilzmycels im Fruchtfleisch so langsam vor sich, daß die Früchte reif werden können, ohne daß das Vorhandensein des Parasiten bemerkbar wird. Solche, im Innern der Frucht vorhandenen Schimmelpilze wurden bei Erhitzung der Früchte nicht abgetötet. Als Bestätigung dieser interessanten Beobachtung können die Befunde von WERKMEISTER¹¹ dienen. Von ihm wurde in einer Dunstkirschchen-

¹ SARTORY u. FILLASIER 1909: Zit. nach F. W. TANNER: Microb. of Foods 627 (1944).

² TANNER, F. W.: Zit. diese S. Anm. 1.

³ KLOTZ, L. J., u. T. A. DEWOLFE: Calif. Citrograph. 38, 68 (1952); ref. in Food Sci. Abstr. 26, 78 (1954).

⁴ BEN-MEIER, J.: Ktavim. Rec. Agric. Res. Stat. 2/3, 35 (1952); ref. Food Sci. Abstr. 26, Nr. 1, 78 (1954).

⁵ MARSHALL, C. R., u. V. T. WALKLEY: Food Res. 17, 123 (1952).

⁶ HOFFMANN, S.: Mitt. Lebensmittelunters. Hyg. 43, 261 (1952).

⁷ BAKER, E. E., u. E. M. MRAK: J. Bacter. 36, 317 (1938).

⁸ ROBERG, M.: Arch. Mikrobiol. 14, 1 (1948).

⁹ ZOBL, K. H.: Arch. Mikrobiol. 13, 191 (1943).

¹⁰ MITTMANN-MAIER, G.: Z. Pflanzenkrkh. Obstbäume Geisenheim. 1 Mitt. (1939).

¹¹ WERKMEISTER, P.: Ind. Obst- u. Gemüse-Verwert. 37, 100 (1952).

konserve ein nachträglicher Verderb der Früchte durch das Vorhandensein von *Monilia cinerea* bestätigt. Dadurch ergab sich, daß in vielen, äußerlich unverletzten und gut aussehenden Kirschen ein Pilzmycel im Innern des Fruchtfleisches vorhanden war. Die Bekämpfung dieses Pilzes kann nur durch Erhöhung der Temperatur und durch längere Sterilisation erreicht werden. Die Möglichkeit eines Vorhandenseins von Mikroorganismen in pflanzlichen Geweben, bzw. in Früchten wurde in der letzten Zeit auch in anderen Arbeiten erwähnt. NIETHAMMER¹ isolierte vom Inneren der Früchte und Samen verschiedene Bodenpilze und war der Meinung, daß die Pilze wahrscheinlich zur Blütezeit in die Pflanzen gelangt waren und so die Reifung der Früchte mitmachen konnten. In England wurde vor kurzem der Pilz *Byssochlamys fulva* als ein gefährlicher Verderber von Obsterzeugnissen erkannt, welcher deshalb eine große Aufmerksamkeit verdient. Dieser Pilz wurde von OLLIVER und SMITH² aus Obstkonserven isoliert und ausführlich beschrieben: auf Nährsubstraten bildet er einen flockigen, weiß bis braunen Rasen; seine Sporen sind sehr widerstandsfähig gegen Temperaturerhöhung und werden während 30 min bei Temperaturen unter 88° C nicht abgetötet. Nach späteren Untersuchungen³ stellte sich heraus, daß der Befall durch *Byssochlamys fulva* bei den Früchten mit bloßem Auge nicht festzustellen ist, da die frischen Früchte (sowie auch eingemachtes und konserviertes Obst) dabei ein sehr gutes Aussehen behalten und von keiner Gasbildung oder ungewöhnlichem Geruch oder Verfärbung begleitet sind. Nur durch mikrobielle Untersuchungen ist es möglich, die Anwesenheit von Pilzmycel festzustellen. Als Resultat des Verderbs durch *Byssochlamys fulva* wird ein Abbau von Cellulose, Pektin und ähnlicher Stoffe, begleitet von einem vollständigen Weichwerden der Früchte, beobachtet.

Die Tatsache, daß die Mikroorganismen bei den Früchten zuweilen unbemerkt im Innern vorkommen — und dabei durch das Fruchtfleisch vor dem Erhitzen geschützt und dadurch nicht abgetötet werden können — kann bei Herstellung von Obstdauerwaren zu Mißerfolg führen und sollte deshalb besonders beachtet werden.

Wirkung verschiedener Umweltbedingungen auf die Entwicklung von Schimmelpilzen.

Zu den Bedingungen, welche die Entwicklung der Schimmelpilze in den Zucker-Obst-Dauerwaren beeinflussen und andererseits sich auf den Typ des Verderbens und auf die Schnelligkeit seines Vorgangs auswirken können, gehören: Temperatur, Wassergehalt, Reaktion des Substrats, chemische und andere Einwirkungen.

Einfluß der Temperatur.

Es ist kaum möglich, eine allgemeingültige Erhitzungsbedingung für die Abtötung aller bei den Obstdauerwaren vorkommenden Schimmelpilze festzustellen, da der Einfluß der Temperatur nicht nur bei bestimmten Arten, sondern auch bei einzelnen Pilzstämmen zuweilen sehr unterschiedlich ist. Deshalb ist es empfehlenswert, die Resultate der einzelnen schon bekannt gewordenen Untersuchungen über die Temperaturwirkung auf verschiedene einzelne Stämme zu studieren. Es muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Grenze der Abtötungstemperatur, abhängig von der Zahl der Mikroorganismenkeime, sich verschieben kann. So wurde bei den Hefen festgestellt⁴, daß eine Erhitzung auf 65,5° C während 2 min deren

¹ NIETHAMMER, A.: Arch. Mikrobiol. 10, 11 (1939); 13, 45 (1943).

² OLLIVER, M., u. G. SMITH: J. Botan. 71, 196 (1933).

³ OLLIVER, M., u. T. RENDLE: J. Soc. Chem. Ind. 53, 166 (1934).

⁴ BITTING: Canning Age, April, 413, 440 (1925); zit. nach F. W. TANNER: S. 177, Anm. 1.

Wachstum verhinderte; jedoch bei einer sehr starken Infektion ergab sogar eine Erhitzung auf 71° C keine Abtötung der Zellen. Desgleichen kann auch die Temperatur-Abtötungsgrenze abhängig vom Substrat, auf welchem die Schimmelpilze sich befinden, und von der Art der Erhitzung ganz unterschiedlich sein. Bei einer Zuckerkonzentration von 63° Brix konnten alle Schimmelpilze durch Aufkochen während 15 min grundsätzlich abgetötet werden¹. Durch Zugabe einer Säure (2%ig oder höhere Konzentration) wurde der Sterilisationseffekt beschleunigt. Einige Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Schimmelpilze zeigten², daß *Oidium lactis* und *Cladosporium* bei 60° C abgetötet wurden; dagegen behielten die anderen Schimmelpilze auch noch bei 75° C ihre Lebensfähigkeit. Bei Abtötung der Sporen von *Aspergillus niger* durch Zugabe von Senföl³, wurde dieser Prozeß bei einer Erwärmung auf 71° C während 5 min beschleunigt; dagegen verhinderte gewöhnliches Erhitzen (ohne Zugabe von Senföl) auf 71° C während 13 min die Lebensfähigkeit von *Aspergillus niger* überhaupt nicht. Nach MARSCHALL und WALKLEY⁴ wurden die meisten Mikroorganismen bei 63° C während 30 min abgetötet. *Penicillium* war resistenter gegen Erhitzung; dagegen wurden die *Fungi imperfecti* (*Botrytis cinerea*, *Oospora lactis* und *Oospora candida*) bei dieser Temperatur schon nach 25 min inaktiviert, konnten aber unter anaeroben Bedingungen sich entwickeln. Durch Behandlung mit Dampf⁵ bei 90—99° C wurden *Trichoderma lignorum*, *Penicillium spec.*, *Sclerotinea sclerotiorum* und *Alternaria citri* während 30 sec schon abgetötet. PANASSENKO⁶ stellte fest, daß die letale Temperatur für die Pilzsporen unter feuchten Bedingungen (steriles Wasser) meistens zwischen 75 und 80° C während einer 30 min. Erhitzung lag. Bei trockenen Bedingungen wurden die Sporen der Schimmelpilze bei 120° C in 30—60 min abgetötet. In den Versuchen zur Feststellung der minimalen, optimalen und maximalen Temperaturgrenzen bei der Entwicklung verschiedener Schimmelpilzstämmen² wurden folgende Resultate erzielt: die meisten Schimmelpilze (mit Ausnahme von *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucorymbifer* und *Sporotrichum*) konnten bei 5° C nicht auswachsen. Dagegen sieht man aus den Versuchen von PANASSENKO, daß einige *Penicillium*-Arten noch bei —2 und —3° C sich zu entwickeln vermochten. Andererseits lag der maximale Temperaturpunkt für einige *Aspergillus*-Arten bei 58° C und für *Mucor pusillus* sogar bei 60° C. Bei Untersuchungen der Auswirkung von verschiedenen Temperaturen auf die Intensität des Wachstums bei *Penicillium italicum* und *Penicillium digitatum* wurde festgestellt⁷, daß die Sporen dieser Pilze bei 30—35° C in 2—3 Tagen, bei 12° C in 4—6 Tagen, bei 8° C in 8—10 Tagen und bei 5° C in 14 bis 38 Tagen auswachsen.

Eigenartig sind die Resultate von GRANG und STURDY⁸ bei Verwendung einiger Erhitzungsmethoden zu verschiedenen eingedosten und eingeweckten, und mit dem Pilz *Byssochlamys fulva* beimpften Obstsorten. In den Erdbeeren- und Stachelbeeren-dauerwaren wurde dieser Schimmelpilz nach 1½ Std. Erhitzen im Wasserbad bei

¹ BIJL, P. A. VAN DER: Zit. S. 172, Anm. 3.

² GRIMES, M., V. C. E. KENNELLY u. H. A. CUMMINS: Sci. Proc. Roy. Dublin Soc. 19, 549 (1930); ref. in Zbl. Bakter. II, 83, 405 (1931).

³ OMER KOSKER, W. B., J. R. ESSELEN u. C. R. FELLERS: Food Res. 16, 510 (1951).

⁴ MARSHALL, C. R., u. V. T. WALKLEY: Food Res. 17, 204 (1952).

⁵ KLOTZ, L. J., u. T. A. DE WOLFE: Zit. S. 176, Anm. 2.

⁶ PANASSENKO, W. T.: Zit. S. 176, Anm. 2.

⁷ LITTAUER, F., u. M. NADEL-SCHIEFFMANN: Ktavim 2/3, 31 (1952); ref. in Food Sci. Abstr. 26, 78 (1954).

⁸ GRANG, A., u. M. STURDY: J. Sci. Food Agric. 4, 449 (1953).

74° C noch nicht abgetötet. Auch bei den Birnen war der Pilz bei denselben Bedingungen nicht vernichtet. Nach Erhitzen in einem Backofen bei 121° C während 45 min konnte *Byssochlamys fulva* bei Erdbeeren noch einen Verderb hervorrufen. So ist die Widerstandsfähigkeit dieses Pilzes gegenüber Temperaturerhöhung im Vergleich zu den anderen bekannten Schimmelpilzen viel stärker. Dadurch kann dieser Pilz bei den in der Industrie verwendbaren Sterilisationsmethoden auch lebensfähig bleiben. Außerdem ist *Byssochlamys fulva* weniger als alle anderen Schimmelpilze sauerstoffbedürftig und kann deshalb in flüssigen Substraten in den untergetauchten Früchten bei geringen Mengen von Sauerstoff sich entwickeln.

Einfluß des Wassergehaltes.

Gleichzeitig mit der Temperatur wurde der Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit und des Wassergehaltes in den entsprechenden Zuckersubstraten studiert und der Zusammenhang dieser Faktoren mit der Entwicklung von Schimmelpilzen diskutiert. TOMKINS¹ untersuchte die Entwicklung von *Alternaria citri*, *Trichoderma lignorum* und *Colletotrichum gloeosporoides*, abhängig von Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit — und in trockener Atmosphäre — auf Nähr-Agar-Substraten mit verschiedenem Wassergehalt. Nach seiner Meinung ist der Wassergehalt als der wichtigste Faktor, von welchem das Auswachsen der Schimmelpilze abhängig ist, anzusehen. Ebenso wird von PANASSENKO vermutet², daß durch Regulierung der Luftfeuchtigkeit der Verderb von Lebensmitteln durch Schimmelpilze verhindert werden kann. Nach den Untersuchungen der aus den Konditoreierzeugnissen isolierten Schimmelpilze stellte sich heraus, daß die meisten Pilzstämme zur Entwicklung ihres Mycels 65—67% und zu ihrer Conidienbildung 73—75% relativer Luftfeuchtigkeit benötigen.

HEINTZELER³ unterteilt die Mikroorganismen in zwei Gruppen: 1. mesophile Arten mit Grenzwerten zwischen 80 und 90% Dampfspannung, zu welchen *Rhizopus*, *Phycomyces*, *Ustilago* und *Sporodinia*-Arten eingereiht werden; 2. xerophile Arten mit Grenzwerten unter 80% relativer Dampfspannung, zu welchen er einige *Aspergillus*- und *Penicillium*-Arten einreihet. In den Untersuchungen von STILLE⁴ erwies sich *Aspergillus glaucus* als ein extrem xerophiler Organismus, für welchen die Grenzwerte relativer Luftfeuchtigkeit bei dem Keimauswachsen 70% und bei der Sporenbildung 74% bei 31° C betragen. Bei seinen weiteren Untersuchungen bemerkte STILLE⁵, daß „der absolute Wassergehalt der Lebensmittel und deren Wasserdampfspannung zwei voneinander völlig unabhängige Größen sind“. Danach stellt ein Mehlkleister, der 50% Wasser enthält, ein physiologisch wasserreicheres Substrat für die Mikroorganismen dar als eine 50%ige, physiologisch wasserarme Rohrzuckerlösung. Dementsprechend ist für den Verderb von Lebensmitteln durch Mikroorganismen nicht der Wassergehalt, sondern der Grad der Wasserbindung maßgebend. Auch fand STILLE⁶, daß „die Ansprüche der Schimmelpilze an die Wasserdampfspannung ihrer Umgebung bei optimaler Temperatur am niedrigsten sind, während im Bereich des Temperaturmaximums, als auch des Temperaturminimums eine annähernd 100%ige Dampfsättigung zur Entwicklung erforderlich ist“.

¹ TOMKINS, R. G.: Zit. S. 174, Anm. 4.

² PANASSENKO, W. T.: Zit. S. 176, Anm. 2.

³ HEINTZELER, J.: Arch. Mikrobiol. 10, 92 (1939).

⁴ STILLE, B.: Vorratspflege u. Lebensmittelforsch. 5, 403 (1942).

⁵ STILLE, B.: Diese Z. 88, 9 (1947).

⁶ STILLE, B.: Arch. Mikrobiol. 14, 108 (1948).

Daß die Fermentationsaktivität der Schimmelpilze auch in bestimmtem Maße vom Wassergehaltsfaktor abhängig ist, zeigten FENIKSOVA und Mitarbeiter¹. Sie stellten fest, daß die höchste Amylase-Aktivität bei *Aspergillus oryzae* auf steriler Weizenkleie bei 60—70% relativer Luftfeuchtigkeit erzielt wurde. Bei nicht sterilen Bedingungen mußte die relative Luftfeuchtigkeit bei 50—52% gehalten werden, um die optimale Fermentationsaktivität zu erreichen.

SCHELHORN² meint, daß viele osmophile Mikroorganismen in Lebensmitteln mit hohem osmotischem Wert einen Verderb hervorrufen können, weil sie an geringen Wassergehalt solcher Nährböden und an niedrige relative Luftfeuchtigkeit angepaßt sind.

Nicht uninteressant ist es, im Zusammenhang mit der Verwendung von verschiedenen Verpackungsmaterialien für Obstdauerwaren, die Beobachtungen von BLOCK³ zu erwähnen. Je hygroskopischer solche Materialien sind, desto geringere relative Luftfeuchtigkeit kann zu einem Verschimmeln führen. So trat z. B. das Verschimmeln bei Käse ab 76%, bei Holz und Wolle ab 85%, bei Baumwolltuch und Glaswolle erst bei 96% und 100% relativer Luftfeuchtigkeit ein. Das Vorhandensein von Nährstoffen förderte die Entwicklung von Schimmelpilzen sowie auch die Zugabe von hygroskopischen Verbindungen zu den Materialien, weil dabei der Bedarf an relativer Luftfeuchtigkeit, die zum Verschimmeln notwendig ist, gesenkt wird.

Einfluß des p_H-Wertes und der Reaktion des Substrates.

Die Frage über die Entwicklung von Schimmelpilzen auf zuckerreichen Substraten im Zusammenhang mit dem p_H-Wert wurde in letzter Zeit ebenfalls aufgegriffen.

Nach SCHELHORN^{2,4} konnte der gegenüber Trockenheit stark resistente *Aspergillus glaucus* auf zuckerreichem Substrat bei einem p_H-Wert 7, bei 73% relativer Luftfeuchtigkeit einen Pilzrasen bilden. Bei p_H-Wert 5 entwickelte sich dieser Pilz nur bis zu einer gewissen Grenze von 74% relativer Luftfeuchtigkeit, und bei einem p_H-Wert 3 benötigte er eine noch höhere relative Luftfeuchtigkeit (78%) für seine Entwicklung. Dementsprechend wird empfohlen, eine Ansäuerung der Produkte vorzunehmen, um die Entwicklung von Schimmelpilzen zu verhindern.

In einer anderen Arbeit stellte SCHELHORN⁴ fest, daß auf einem Apfelkonzentrat von 60% Trockensubstanz *Aspergillus glaucus* ein gutes Wachstum bei einem p_H-Wert zwischen 4 und 6 ergab. Bei einem p_H-Wert unter 4 verringerte sich die Entwicklung sehr stark und bei p_H 3 war es nur nach 2 Wochen möglich, Spuren von Wachstum festzustellen. Gleichzeitig mit seiner besten Entwicklung bei neutraler oder schwachsaurer Reaktion des Substrates zeigte *Aspergillus glaucus* auch bei diesen Bedingungen seine stärkste Widerstandsfähigkeit gegen hohe osmotische Werte. Dabei benötigte der Pilz eine relative Luftfeuchtigkeit von 72—73%. Seine Widerstandsfähigkeit gegen hohen osmotischen Wert verringerte sich sehr stark in ausgesprochen sauer reagierenden Substraten.

Im Vergleich zu *Aspergillus glaucus* ist nach der Meinung der Verfasserin *Penicillium glaucum* nicht so empfindlich gegenüber Säure, verträgt dagegen schlecht hohe osmotische Werte. Nach Vermutungen von SCHELHORN ist dementsprechend kein anderer Pilz bekannt, der bei irgendeinem p_H-Wert (saurer oder neutraler Bereich) höhere Zuckerkonzentration als *Aspergillus glaucus* ertragen kann.

¹ FENIKSOVA, R. V., R. B. SEGAL, V. J. RODZEVIC u. A. A. SCHILOVA: Mikrobiologija [russ.] **22**, 145 (1953).

² SCHELHORN, M.: Ind. Obst- u. Gemüse-Verwert. **34**, 188 (1949); diese Z. **90**, 209 (1950).

³ BLOCK, S. S.: Appl. Biol. **1**, 287 (1953); ref. Ber. wiss. Biol. **89**, 409 (1954).

⁴ SCHELHORN, M.: Diese Z. **91**, 338 (1950).

Über die Möglichkeit der Entwicklung von Mikroorganismen bei einem niedrigen p_H -Wert berichtete HOFFMANN¹ in seinen Untersuchungen von Brombeeren-, Heidelbeeren-, Trauben- und Orangensäften. Es gelang eine Vermehrung von Mikroorganismen bei p_H 3,4 und 3,8 festzustellen. Andererseits wurde in den Versuchen von FENIKSOVA und Mitarbeitern² eine optimale Fermentation bei *Aspergillus orizae* bei einer Erhöhung des p_H -Wertes von 6,3 bis auf 7,1 beobachtet.

Einen bestimmten Einfluß auf die Entwicklung der Schimmelpilze in den Obstdauerwaren üben auch die durch Fermentation oder auf einem anderen Wege entstandenen Säuren aus. Dabei kann die Wirkung von bestimmten Säuren gegenüber einzelnen Mikroorganismen-Arten ganz unterschiedlich sein. So sieht man z. B. aus den Versuchen von LEVINE und FELLERS³, daß Essigsäure toxischer als Milchsäure auf *Aspergillus niger*, *Saccharomyces cerevisiae* und einige Bakterien wirkt. Nach den Versuchen von ANDRIASSJAN⁴ konnten die Dämpfe von Essigsäure bei 1stündiger Exposition pathogene Pilze abtöten; ebenso wirkte eine 25—30%ige wäßrige Essigsäurelösung in 1—2 min.

Es muß daneben auch erwähnt werden, daß einzelne seltene Schimmelpilzstämmen in Gegenwart von hoher Säurekonzentration sich entwickeln können. SABALITSCHKA und MEINICKE⁵ entdeckten einen ausgewachsenen Pilz in einer Salzsäure von 0,1*n*-Konzentration (welche ungefähr einer 0,36%igen HCl-Lösung oder einem p_H -Wert von 1 entspricht). Dieser Pilz konnte nicht identifiziert werden, da er nur Mycelfäden bildete und auf keinem der weiterhin verwendeten Nährsubstrate Fruchtkörper entwickelte. Doch versuchte man, nach einigen Eigenschaften ihn mit *Dematiium pullulans* zu vergleichen.

Bei Herstellung von Obstdauerwaren darf nicht vergessen werden, daß — wie es nach DELITSCH⁶ heißt — für die Entwicklung der Schimmelpilze nicht nur die Anfangsreaktion des entsprechenden Substrates von Bedeutung ist, sondern auch die während des Pilzwachstums später entstandene Reaktionsveränderung.

Chemische und andere Auswirkungen.

Zur Verhinderung der Entwicklung von *Mucor racemosus*, welcher als starker Verderber von Fruchtsäften vorkommt, wurde von SCHANDERL und Mitarbeiter⁷ die Wirkung von Schwefliger Säure und Chlor ausprobiert. Dieser Pilz erwies sich resistent gegenüber einer ziemlich hohen Konzentration der genannten Säure (0,5%), wird aber bei 1% Kaliumpyrosulfit abgetötet. Die letale Wirkung des Chlors für *Mucor racemosus* lag zwischen 1000 und 2000 mg Cl/1.

Bei Untersuchung der Hemmungswirkung von Kohlendioxyd (CO₂) auf die Schimmelpilze, stellten MARSHALL und WALKLEY⁸ fest, daß bei den aus Apfelsaft isolierten *Botrytis cinerea*, *Oospora candida* und *Oospora lactis* eine Entwicklung bei 0,75 ml CO₂/ml Saft auftrat. Dagegen wuchsen die *Penicillium*-Arten schon bei 0,20 ml CO₂/ml Saft nicht mehr. In anaeroben Bedingungen konnten alle isolierten Schimmelpilze, mit Ausnahme von *Fusarium* sich entwickeln. Der Einfluß von CO₂ auf die Entwicklung von Schimmelpilzen untersuchte BARINOVA⁹ und stellte

¹ HOFFMANN, S.: Zit. S. 181, Anm. 1.

² FENIKSOVA, R. V., u. Mitarb.: Zit. S. 181, Anm. 1.

³ LEVINE, A. S., u. C. R. FELLERS: J. Bacter. **39**, 499 (1939).

⁴ ANDRIASSJAN, G. K.: Nachr. Venerol. Dermatol. [russ.] Nr. 2, 24 (1952).

⁵ SABALITSCHKA, TH., u. U. MEINICKE: Pharmaz. Ztg. **85**, 353 (1949).

⁶ DELITSCH, H.: Zbl. Bakter. II. **106**, 357 (1944/45).

⁷ SCHANDERL, H., STAUDENMAYER u. M. RÖSSLER: Ind. Obst- u. Gemüseverwert. **37**, 338 (1952).

⁸ MARSHALL, C. R., u. V. T. WALKLEY: Food Res. **17**, 197 (1952).

⁹ BARINOVA, S. A.: Mikrobiologija [russ.] **22**, 391 (1953).

fest, daß die in normaler Luft enthaltene Menge von CO_2 das Wachstum von *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Rhizopus nigricans* und *Penicillium chrysogenum* stimuliert. Eine Durchleitung von Luft mit 1% CO_2 -Gehalt hemmte die Entwicklung von *Aspergillus niger* nicht, aber dieselbe von *Aspergillus flavus*.

Bei den Versuchen, die Entwicklung der Schimmelpilze mit Hilfe eines Unterdruckes bei der Frischhaltung von verschiedenen Lebensmitteln zu verhindern, zeigte PALLJ¹, daß bei einem restlichen atmosphärischen Unterdruck von 15—20 mm die meisten Mikroorganismen, darunter auch *Aspergillus niger* in ihrem Auswachsen zu 100% gehindert waren. Eine Ausnahme war *Penicillium glaucum*, der dabei noch schwach auswachsen konnte. Der restliche Druck von 30—40 mm wirkte auf andere Mikroorganismen nur noch zu 98% wachstumshemmend. Die Hemmungswirkung wurde teilweise durch die bactericide und hauptsächlich durch die bakterio-statische Wirkung des niedrigen atmosphärischen Druckes erklärt.

Eine ganz eigenartige Methode unter Ausnützung der biologischen Wirkung des CO_2 verwendete OWEN² zur Bekämpfung der Entwicklung von Schimmelpilzen auf Zucker und zuckerhaltigen Substraten. Er wandte eine Beimpfung des Zuckers mit Hefen an, welche imstande waren, auf einem Sirup von Melasse mit hoher Konzentration zu wachsen. Diese Hefen fermentierten die Saccharose nicht, bildeten dagegen CO_2 von Fructose und umwuchsen die Zuckerkrystalle mit Bildung eines mit CO_2 getränkten Häutchens, welches das Auswachsen von Schimmelpilzen auf den Zuckerkrystallen verhinderte. Zur Vermeidung eines Verschimmeln verwendete ZIEGELMAYER³ das Gelierrmittel Opekta, dessen Wirkung auf die Mikroorganismen mit der wachstumshemmenden Eigenschaft der pektinreichen Früchterzeugnisse verglichen werden kann.

Vor kurzem wurde von MAPES und KENNEDY-RIPON⁴ erwähnt, daß die Entwicklung von Schimmelpilzen auf den Obsterzeugnissen von der Schrumpfung der Früchte abhängig ist. Dabei werden 2 Prozesse festgestellt: 1. Das Wasser tritt aus den Früchten (osmotisch) in die flüssige Zone aus, und 2. tritt der Zucker aus der Lösung in die Frucht ein (Diffusion), was zur Verringerung einer Zuckerkonzentration im Saft führt und eine Schimmelpilzentwicklung begünstigt. Zur Vermeidung dieses Zustandes empfehlen die Verfasser eine ausprobierte Methode: die abgeschälten oder ganzen Früchte werden im Sirup mit der Hälfte der gebräuchlichen Menge von Zucker gekocht, 24 Std. stengelassen und erst dann der restliche Zucker zugefügt. Dabei wird das Zusammenschrumpfen von Obst verhindert und in der Lösung eine stabile Zuckerkonzentration erhalten.

Aus den angeführten Arbeiten ist zu ersehen, daß die bei den Obstdauerwaren vorkommenden und einen Verderb hervorrufenden Schimmelpilze insgesamt zu ihrer Entstehung ganz bestimmte Bedingungen benötigen. Nach SCHELHORN⁵, welche die Methoden zur Haltbarkeit von Obst- und Gemüseerzeugnissen beschreibt, geht hervor, daß dazu gehören: Temperatur, p_{H} -Wert des Substrates, relative Luftfeuchtigkeit, Sauerstoffgehalt der Atmosphäre usw. Andererseits können auch zuweilen Abweichungen in einigen, für diese Mikroorganismen charakteristischen Eigenschaften beobachtet werden, wie es nach der Verfasserin bei den nicht osmophilen Mikroorganismen der Fall ist, wenn diese beim längeren Verbleiben auf trockenem Obst oder Gemüse sich anpassen. Deshalb vertreten auch SABALITSCHKA und

¹ PALLJ, J. I.: Mikrobiologija [russ.] 21, 14 (1952).

² OWEN, W. L.: U.S. Pat. Off., Nr. 1, 579, 387 (6. April 1926).

³ ZIEGELMAYER, W.: Kolloid-Z. 52, 243 (1930).

⁴ MAPES, R. E., u. A. KENNEDY-RIPON: Food 23, 65 (1954).

⁵ SCHELHORN, M.: Diese Z. 96, 71 (1953).

MEINICKE¹ im Resultat ihrer Beobachtungen die Ansicht, daß die gegenüber einigen Mikroorganismen antimikrobielle Wirkung einer Substanz in bestimmter Konzentration, nicht für alle anderen Mikroorganismen verallgemeinert werden kann.

Außer den hier erwähnten verschiedenen Faktoren, die die Entwicklung von Schimmelpilzen beeinflussen, hängt der Verderb von zuckerhaltigen Substraten auch noch von dem physiologischen Verhalten der betreffenden Mikroorganismen, bzw. von den in den Zellen vorhandenen Enzymen ab. Die letzteren aber benötigen z. T. zu ihrer Entwicklung auch eine Reihe von ganz bestimmten Bedingungen. In den Versuchen von GÄUMANN und BÖHNI² sieht man, daß bei *Botrytis cinerea* die Pektinase als „konstitutives“ Enzym angesehen werden muß, welches unabhängig von der chemischen Zusammensetzung des Nährsubstrates sich entwickeln kann. Dagegen wurde die Pektase als „adaptives“ Enzym bezeichnet, welches in Gegenwart von Pektin reichlich, in Abwesenheit von Pektin nur in Spuren sich entwickeln kann. Bei der Untersuchung von *Aspergillus niger*³ bezeichneten dieselben Autoren Pektinase als „konstitutives“ und Pektase als „ausgesprochen adaptives“ Enzym, welches nur in Gegenwart von Pektin gebildet wird.

Auch in anderen Untersuchungen finden wir Beobachtungen über die Veränderlichkeit der Gärungsfähigkeit bei einigen Schimmelpilzen. SCHWARTZ und LANG⁴ bemerkten, daß durch Züchtung des *Aspergillus niger* auf Citronen dieser Pilz eine Fähigkeit, Citronensäure zu bilden, verminderte. Jedoch nach Kultivierung eines solchen Pilzstammes auf Gelatine-Nährboden konnte die Gärungsfähigkeit wieder erhöht werden. In den Versuchen von FENIKSOVA⁵ durch Züchtung eines *Aspergillus niger*-Stammes auf Zellsaft von *Aspergillus oryzae* ist es gelungen, die amylytische fermentative Eigenschaft von *Aspergillus niger* doppelt zu erhöhen. IMSCHENECKIJ und PEROVA⁶ kultivierten in Laboratoriumsbedingungen aus einer glatten *Aspergillus niger*-Rasse eine Rasse, welche höhere fermentative Eigenschaften als die Ausgangsform besaß.

Aus den hier angeführten verschiedenartigen Beobachtungen ist ersichtlich, daß die Möglichkeit einer Entwicklung von Schimmelpilzen auf zuckerhaltigen Substraten und deren darauffolgender Verderb nicht nur von den gewöhnlichen physikalischen und chemischen Bedingungen abhängig ist, sondern auch von der Labilität der Mikroorganismen und von ihrer Fähigkeit, sich an neue Bedingungen anzupassen. In der Arbeit „Adaptation in Fungi“ betonen CHRISTENSEN und DALY⁷, daß die Variabilität der Pilze ein Grundzug von beträchtlicher Wichtigkeit für die industrielle Mykologie und pflanzliche Pathologie ist. Auch empfehlen die Verfasser, mit der Verallgemeinerung des Standpunktes über die Natur der Veränderungen in Virulenz und kultureller Charakteristik der Schimmelpilze vorsichtig zu sein.

Zusammenfassung.

Die hier erwähnten Resultate der verschiedenartigen Untersuchungen über die Schimmelpilze, die wir in Verbindung mit dem Vorkommen dieser Mikroorganismen in den Obstdauerwaren angeführt haben, schöpfen wahrscheinlich nicht alle Beob-

¹ SABALITSCHKA, TH., u. U. MEINICKE: Zit. S. 182, Anm. 5.

² GÄUMANN, E., u. E. BÖHNI: Helvet. chim. Acta **30**, 24 (1947).

³ GÄUMANN, E., u. E. BÖHNI: Helvet. chim. Acta **30**, 1591 (1947).

⁴ SCHWARTZ, W., u. H. LANG: Arch. Mikrobiol. **5**, 366 (1934).

⁵ FENIKSOVA, R. V.: Mikrobiologija [russ.] **20**, 556 (1951).

⁶ IMSCHENECKIJ, A. A., u. K. Z. PEROVA: Mikrobiologija [russ.] **22**, 133 (1953).

⁷ CHRISTENSEN, J. J., u. J. M. DALY: Ann. Rev. Microbiol. **5**, 57 (1951).

achtungen, die auf diesem Gebiet gemacht wurden, aus. Doch kann man vorläufig daraus schon einige, für die industrielle Praxis nützliche Schlußfolgerungen ziehen:

Als öfters in Rohzucker und Zuckerlösungen vorkommende Schimmelpilze werden diejenigen aus den Gattungen *Penicillium* und *Aspergillus* bezeichnet; seltener kamen die *Mucoraceae* und noch seltener die *Fungi imperfecti* vor.

Die auf Früchten gefundenen Schimmelpilze können gewöhnlich von ganz verschiedener und zufälliger Herkunft sein und deshalb auch zu sehr unterschiedlichen Familien, Gattungen und Arten der Mikroorganismen gehören.

Einzelne, in den Obstdauerwaren vorkommende Schimmelpilze reagieren auf die jeweiligen Umweltsbedingungen sehr unterschiedlich. Dabei ist diese Tatsache nicht nur für verschiedene Gattungen typisch; es können auch einzelne Arten derselben Gattung und Stämme einer Art ganz verschiedenartig auf irgendwelche Umweltbedingungen reagieren.

Die für die Bekämpfung der Schimmelpilze bekannten Methoden dürfen nicht für alle, in der Industrie vorkommenden Schimmelpilze verallgemeinert werden. Deshalb ist es empfehlenswert, den schon früheren, bei den Untersuchungen von einzelnen Pilzstämmen gemachten Erfahrungen größere Aufmerksamkeit zu schenken.