

# Die Wirkung der Fumar- und Maleinsäure als Fett-Antioxygene und ihre Abhängigkeit von der Temperatur.

Von

W. Heimann.

Mitteilung aus der Reichsforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung und dem Institut für Lebensmittelchemie der Techn. Hochschule Karlsruhe<sup>1</sup>.

Mit 3 Textabbildungen.

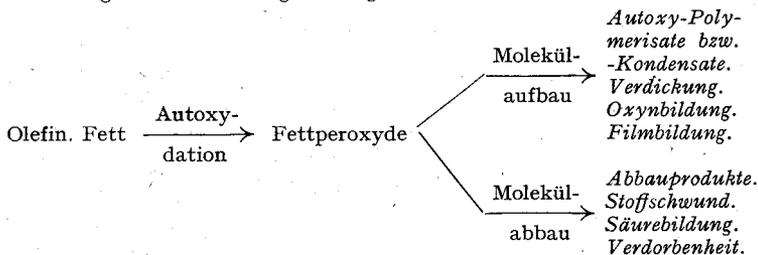
(Eingegangen am 10. März 1947.)

Die erste Phase des Umsatzes bei dem rein chemisch bedingten Verderben der Fette ist gekennzeichnet durch die Anlagerung von Luftsauerstoff an reaktionsfähige Stellen der Glyceride bzw. der olefinischen Fettsäuren. Wir kennen diesen Vorgang allgemein unter dem Begriff des autoxydativen Verderbens der Fette. Wenn wir von dem Verderben der Fette auf biochemischer Grundlage einmal absehen, so nimmt der autoxydative Fettverderb im gesamten Fettverderben — also nicht nur bei den olefinischen Fetten — eine besonders bevorzugte Stellung ein, wie ja auch heute die Autoxydationsprozesse in der ganzen wissenschaftlichen und technischen Chemie und ihrer Anwendungsgebiete von hoher Bedeutung sind.

Als Folgereaktionen des Primärprozesses der Autoxydation treten auf dem Fettgebiet Autoxy-Polymerisations- bzw. Autoxy-Kondensationserscheinungen ein. Es kommt dabei sowohl zu einem Molekülaufbau als auch unter Sprengung der Kohlenstoff-Kohlenstoffbindungen in Fett oder Öl zu Molekülabbaureaktionen. Beide Erscheinungen verlaufen in unterschiedlichem Ausmaß meist nebeneinander und komplizieren die an sich schon verwickelten Anfangsvorgänge beim autoxydativen Verderben der Fette in außerordentlichem Maße. In schematischer Über-

<sup>1</sup> Fräulein cand. chem. Liselotte Bauer sei für die wertvolle Mithilfe bei der Durchführung der Versuche an dieser Stelle gedankt.

sicht lassen sich nach Täufel die eben angedeuteten Vorgänge und Auswirkungen der Fett-Autoxydation in folgender Anordnung wiedergeben:



Diese komplizierten aufeinander- und nebeneinander verlaufenden Reaktionen bei der Verderbnis der olefinischen Fette bedürfen auch heute noch eingehender wissenschaftlicher Bearbeitung. Nur durch die lückenlose Klarlegung dieser Vorgänge wird es möglich sein, sie zu hemmen oder vollständig auszuschalten.

Den Lebensmittelchemiker und den Physiologen interessiert zunächst der sich vollziehende Molekülabbau, durch den es zur Bildung jener Stoffe kommt, die das sinnesphysiologisch wahrnehmbare Verderben herbeiführen. Bei diesem Abbau, der unter Mitwirkung verschiedener Faktoren abläuft, wird wie auch bei den anderen Reaktionen des autoxydativen Fettverderbens am wirksamsten an dem Ausgangspunkt, der Autoxydation, verhindernd eingegriffen. Hierzu stehen grundsätzlich drei Wege offen:

1. Ausschaltung autoxydationsfördernder Faktoren: Licht, Luft, Feuchtigkeit, Metalle (Prooxydantien).
2. Anwendung tiefer Lagerungstemperaturen.
3. Anwendung von Antioxygenen.

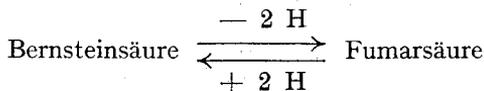
Die Anwendung tieferer Temperaturen zum Zwecke der Vorratshaltung der Fette — wie der fetthaltigen Produkte überhaupt — ist nicht nur zweckmäßig hinsichtlich der Autoxydation, indem nach der van 'tHoffschen Regel die Abbremsung chemischer Reaktionen erfolgt; sie vermindert auch bzw. schließt weitestgehend die Entwicklung von Kleinlebewesen aus, die das biochemische Fettverderben verursachen.

Der in den letzten Jahren wesentlich vertiefte Einblick in den autoxydativen Fettabbau hat weiterhin gezeigt, daß neben anderen Faktoren insbesondere gewisse chemische Stoffe sich reaktionsbestimmend positiv oder negativ einschalten können. Die Auffindung und Bearbeitung solcher autoxydationshindernder Stoffe bzw. Stoffsysteme ist auch insofern von erheblicher Bedeutung für die Chemie und Physiologie, weil man damit der Erklärung näher rückt, welcher Stoffe oder Stoffsysteme sich die Natur bedient, um die Reservefette im Gewebe vor vorzeitiger Oxydation zu schützen. Die praktische Ausnützung der gegebenen Möglichkeiten steht sicher erst am Anfang und erscheint besonders aussichtsreich. Kurze Andeutungen aus dem jüngeren amerikanischen Schrifttum weisen daraufhin, daß den beiden Antioxydantien Fumar- und Maleinsäure eine überragende Stellung beim Schutz der Fette gegen Luftydation zukommen soll. Diese Säuren sollen noch in einer Verdünnung von 1 : 30000 eine ausreichende Schutzwirkung entfalten.

Die besondere Verwendung dieser beiden Stoffe als Antioxygene bei der Vorratshaltung der Fette ist nach unserer Ansicht auch deshalb von Wichtigkeit, da sie in der angegebenen Verdünnung keinerlei Giftwirkung haben. Nach den Angaben von v. Szent Györgyi<sup>1</sup> kommt sogar der Fumarsäure eine besondere Rolle

<sup>1</sup> A. v. Szent-Györgyi: Ber. dtsch. chem. Ges. **72**, 53 (1939).

im oxydativen Stoffwechsel der Kohlehydrate im Gewebe als Wasserstoffacceptor im reversiblen System



zu. Sie nimmt den bei der Dehydrierung eines Substrates freiwerdenden Wasserstoff auf und wird zu Bernsteinsäure. Diese günstigen physiologischen Voraussetzungen empfehlen geradezu die Anwendung dieser Säuren (Fumar- und Maleinsäure) als künstliche Antioxydantien beim Verderben der Nahrungsfette. Aus diesen Erwägungen heraus wurden in vorliegender Arbeit Malein- und Fumarsäure auf ihre oxydationshindernde Wirkung auf dem Fettgebiet näher geprüft.

Von der Wirkung der Fumar- und Maleinsäure, wie überhaupt von ungesättigten Stoffen dieser Art (Citraconsäure, Aconitsäure, Itaconsäure, verschiedene Chinone, Verbindungen aus der Gruppe der aromatischen Nitroverbindungen) muß man sich theoretisch folgendes Bild machen: Die Malein- und Fumarsäure wirken als Wasserstoffacceptoren. Bei der sogenannten kombinierten Autoxydation unter Mitwirkung von Fettbegleitstoffen (Chlorophyll in pflanzlichen, Hämine in tierischen Fetten) wird unter Aufnahme von Strahlungsenergie (hv) aktiver Wasserstoff abgespalten. Dieser kann, so formuliert man den Vorgang nach neueren Anschauungen<sup>1</sup>, — über die Zwischenstufe des Radikals  $O_2H$  — mit molekularem Sauerstoff Hydroperoxyd in aktiver Form liefern, das zur Oxydation olefinischer Systeme befähigt ist. Auf diese Weise ist die Autoxydation eingeleitet, und man kann sich so die Bildung der Fettperoxyde erklären. Fängt man nun diesen am Anfang des Autoxydationsprozesses gebildeten aktiven Wasserstoff mittels ungesättigter Systeme besonderer Art (in unserem Falle die Malein- und Fumarsäure) ab, so ist damit von dieser Seite aus der Oxydationsvorgang der Fette ausgeschaltet.

Folgende Systeme wurden in unsere Untersuchungen einbezogen:

#### I. Untersuchungen mit Rüböl.

1. Raffin. Rüböl, Tageslicht, Zimmertemperatur.
2. Rohes Rüböl, Tageslicht, Zimmertemperatur.
3. Raffin. Rüböl + Maleinsäure, Tageslicht, Zimmertemperatur.
4. Raffin. Rüböl + Fumarsäure, Tageslicht, Zimmertemperatur.
5. Rohes Rüböl + Maleinsäure, Tageslicht, Zimmertemperatur.
6. Rohes Rüböl + Fumarsäure, Tageslicht, Zimmertemperatur.

#### II. Untersuchungen mit Olivenöl.

1. Olivenöl, ein Monat Tageslicht, dann dunkel gelagert, Zimmertemperatur.
2. Olivenöl, dunkel gelagert, Zimmertemperatur.
3. Olivenöl, dunkel gelagert, 0° C.
4. Olivenöl, dunkel gelagert, —15° C.
5. Olivenöl + Fumarsäure, ein Monat Tageslicht, dann dunkel gelagert, Zimmertemperatur.
6. Olivenöl + Fumarsäure, dunkel gelagert, Zimmertemperatur.
7. Olivenöl + Fumarsäure, dunkel gelagert, 0° C.
8. Olivenöl + Fumarsäure, dunkel gelagert, —15° C.
9. Olivenöl + Maleinsäure, ein Monat Tageslicht, dann dunkel gelagert, Zimmertemperatur.
10. Olivenöl + Maleinsäure, dunkel gelagert, Zimmertemperatur.
11. Olivenöl + Maleinsäure, dunkel gelagert, 0° C.
12. Olivenöl + Maleinsäure, dunkel gelagert, —15° C.

<sup>1</sup> K. Täufel und R. Müller: *Biochem. Z.* **304**, 137, 278 (1940). — K. Täufel: *Fette u. Seifen* **48**, 745 (1941); *Angew. Chem.* **55**, 273 (1942). — M. R. Coe: *Oil and Soap* **15**, 230 (1938).

Die Versuche wurden so angesetzt, daß die Öle mit Zusätzen (etwa 0,1% Fumar- oder Maleinsäure) nach der Sättigung vom Bodenkörper abgessen, in Petrischalen überführt und den vorhin angegebenen Bedingungen ausgesetzt wurden.

Die Versuchsproben wurden teils dem Tageslicht während der ganzen Versuchsdauer ausgesetzt (Rüböl-Versuche), teils wurden die Ölproben nach vierwöchentlicher Lichteinwirkung ins Dunkle verbracht. Bestimmte Proben wurden von Anfang an vollkommen im Dunkeln bei verschiedenen Temperaturen aufbewahrt.

Die Prüfung auf Peroxydigkeit nach Lea (in einfacherer Ausführungsform<sup>1</sup>) erfolgte etwa alle 10 Tage, die Verderbenheitsreaktionen nach v. Fellenberg<sup>2</sup> (Freialdehydigkeit), nach Kreis bzw. Täufel-Sadler<sup>3</sup> (Epihydrinaldehyd), nach Täufel-Thaler<sup>4</sup> (Ketone) wurden nach einer Lagerzeit von 140 Tagen durchgeführt.

Beim Rüböl wurden neben den Lea-Zahlen (Prüfung auf Peroxyde) vergleichsweise noch die Jodzahlen geprüft, diese Werte sind in den späteren Tabellen aufgeführt. Die Beziehungen dieser beiden zueinander sollen, da sie außerhalb des Rahmens dieser Arbeit liegen, hier nicht diskutiert werden.

## I. Untersuchungen mit Rüböl.

In Abb. 1 sind die Haltbarkeitskurven des rohen und raffinierten Rüböls durch den Verlauf der Peroxydigkeit dargestellt.

Abbildung 1: Hemmung der Autoxydation von Rüböl durch Fumar- und Maleinsäure.

Versuchsbedingungen:

- |    |               |                                  |
|----|---------------|----------------------------------|
| 1a | —             | rohes Rüböl ohne Zusatz          |
| 1b | x — x — x — x | rohes Rüböl + Fumarsäure         |
| 1c | —             | rohes Rüböl + Maleinsäure        |
| 2a | —             | raffiniertes Rüböl ohne Zusatz   |
| 2b | x — x — x — x | raffiniertes Rüböl + Fumarsäure  |
| 2c | —             | raffiniertes Rüböl + Maleinsäure |

Lea-Zahlen =  $\text{ccm } \frac{n}{500} \text{ Na}_2 \text{ S}_2 \text{ O}_3 / \text{g Öl}$ .

Man sieht beim rohen Rüböl eine verlängerte Induktionsperiode, die auf die im rohen Rüböl noch vorhandenen natürlichen Hemmstoffe hinweist (natürliche Antioxydantien des Öles). Verfolgt man nun beide Öle in ihrem Verhalten bei Gegenwart von Fumar- und Maleinsäure, so zeigt die Maleinsäure eine beträchtliche Hemmung der Autoxydation, während die Fumarsäure nur einen sehr geringen Oxydationsschutz bietet.

In Tabelle 1 sind die Lea-Zahlen und Jodzahlen der Rüböle mit und ohne Antioxydantien-Zusatz aufgeführt:

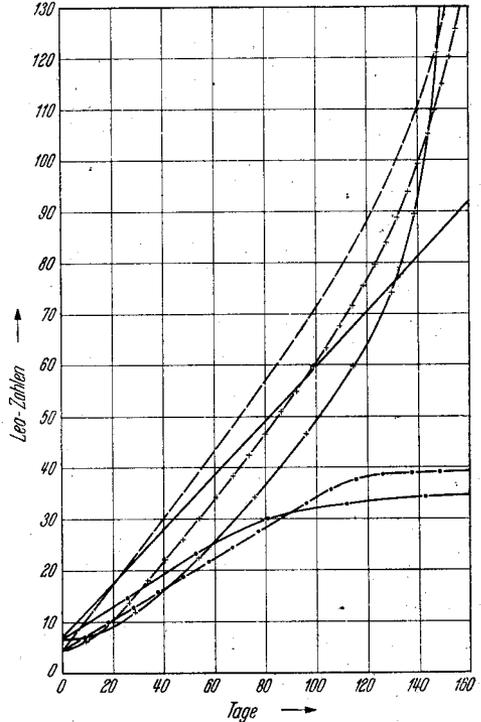


Abb. 1

<sup>1</sup> Methode nach Lea, einfachere Ausführungsform: Vgl. Handbuch der Lebensmittelchemie. Bd. IV, S. 300. Berlin: J. Springer (1939).

<sup>2</sup> Methode nach v. Fellenberg: Vgl. ebenda, S. 302.

<sup>3</sup> Methode nach Täufel und Sadler: Vgl. ebenda, S. 303.

<sup>4</sup> Methode nach Täufel und Thaler: Vgl. ebenda, S. 306.

Tabelle 1. Hemmung der Autoxydation von rohem und raffiniertem Rüböl durch Fumar- und Maleinsäure.

Tage	Rüböl, roh						Rüböl, raffiniert					
	ohne Zusatz		Maleinsäure-Zusatz		Fumarsäure-Zusatz		ohne Zusatz		Maleinsäure-Zusatz		Fumarsäure-Zusatz	
	Lea-Zahl	Jod-Zahl	Lea-Zahl	Jod-Zahl	Lea-Zahl	Jod-Zahl	Lea-Zahl	Jod-Zahl	Lea-Zahl	Jod-Zahl	Lea-Zahl	Jod-Zahl
0	6,6	104,2	6,6	104,2	6,6	104,2	4,6	98,8	4,6	98,9	4,6	98,9
10	14,2	103,1	9,2	103,8	6,9	104,1	10,1	98,1	7,4	98,6	4,8	98,8
20	18,6	100,4	12,5	103,4	8,9	103,8	16,9	97,4	10,2	98,1	10,4	98,8
30	23,4	99,8	16,0	102,9	11,1	103,6	23,2	96,8	11,9	97,8	14,0	98,5
40	29,8	99,1	19,0	102,5	15,1	103,2	30,1	96,2	16,6	97,3	20,1	98,2
50	35,7	98,6	22,2	102,1	20,6	102,9	36,8	95,7	20,5	97,0	28,2	98,1
60	39,6	97,2	25,5	101,4	27,1	102,7	43,2	95,1	22,8	96,0	34,5	97,9
70	44,9	96,9	28,8	100,8	33,0	102,8	49,8	94,3	25,5	95,6	40,2	97,9
80	49,3	96,4	30,0	100,3	37,1	102,0	57,1	93,8	28,6	95,2	47,2	97,6
90	54,1	95,3	31,8	99,8	44,2	101,8	63,8	93,1	31,4	94,9	53,6	97,4
100	59,8	95,0	32,1	99,5	50,3	101,6	71,0	92,3	34,4	94,6	60,9	97,1
110	64,3	94,3	32,5	99,1	55,8	101,2	78,7	90,4	37,2	94,2	67,4	97,0
120	69,6	93,2	33,1	98,7	65,1	99,8	88,4	89,8	38,2	93,1	76,1	96,8
130	75,4	92,6	33,4	98,4	74,2	99,6	97,9	89,2	38,9	92,7	86,1	96,7
140	80,2	90,8	33,9	98,2	91,5	99,3	110,1	88,8	39,0	92,3	98,4	96,3
150	86,3	90,1	34,0	97,9	132,0	99,1	126,6	88,3	39,0	91,9	115,2	96,1
160	92,4	89,3	34,0	97,6	—	—	162,5	87,8	39,1	91,6	—	—

Nach einer Lagerzeit von durchschnittlich 140 Tagen sind auch im Vergleich mit den Peroxydwerten die anderen Verdorbenheitsreaktionen überprüft worden:

Tabelle 2. Einfluß der Fumar- und Maleinsäure auf das oxydative Verderben von Rüböl.

	Ohne Zusatz		Maleinsäure-Zusatz		Fumarsäure-Zusatz	
	Rüböl, roh	Rüböl, raffiniert	Rüböl, roh	Rüböl, raffiniert	Rüböl, roh	Rüböl, raffiniert
Freialdehydigkeit . . . . .	sehr stark	sehr stark	schwach	sehr schwach	sehr stark	sehr stark
Epihydrinaldehydigkeit . . . . .	sehr stark	sehr stark	schwach	schwach	sehr stark	sehr stark
Ketonigkeit . . . . .	sehr stark	sehr stark	Spuren	Spuren	sehr stark	sehr stark

Die Tabelle zeigt, daß die Verdorbenheit, als freie und gebundene Aldehyde sowie Ketone bestimmt, bei den Rübölen ohne Zusatz und den Ölen mit Fumarsäurezusatz stark positiv ist. Dagegen ist bei Zusatz von Maleinsäure nur eine schwache Verdorbenheit festzustellen. Aus den angeführten Reaktionen geht weiterhin hervor, daß bei vergleichsweise guter Hemmung der Autoxydation durch die Antioxydantien die anderen Verdorbenheitsmerkmale (freie Aldehyde, gebundene Aldehyde, Ketone) durch den Einfluß der hier geprüften Inhibitoren nicht negativ werden, wie man vielleicht erwartet hätte.

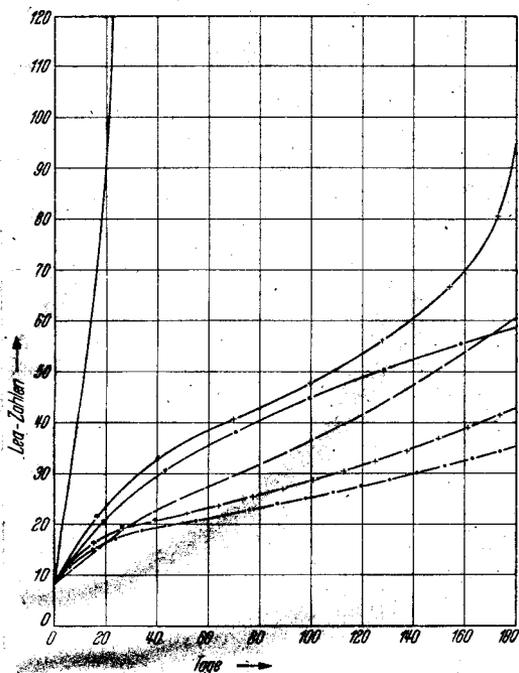


Abb. 2

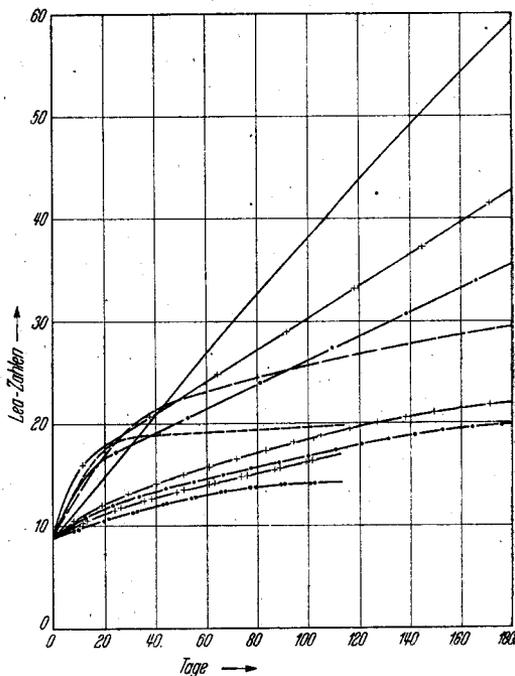


Abb. 3

Abbildung 2. Hemmung der Autoxydation von Olivenöl durch Fumar- und Maleinsäure bei 20° C und unterschiedlicher Lichteinwirkung.

Versuchsbedingungen:

I. 1 Monat bei Tageslicht, dann dunkel gelagert:

1a \_\_\_\_\_ ohne Zusatz

1b x \_\_\_\_\_ x mit Fumarsäure-Zusatz

1c . \_\_\_\_\_ . mit Maleinsäure-Zusatz

II. dunkel gelagert:

2a \_\_\_\_\_ ohne Zusatz

2b x \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x mit Fumarsäure-Zusatz

2c . \_\_\_\_\_ . mit Maleinsäure-Zusatz

Lea-Zahlen = ccm  $\frac{n}{500}$  Na<sub>2</sub> S<sub>2</sub> O<sub>3</sub>/g Öl.

Abbildung 3. Einfluß der Temperatur auf die Oxydationshemmung von Olivenöl durch Fumarsäure und Maleinsäure bei Dunkellagerung.

Versuchsbedingungen:

I. Temperatur = +20° C:

1a \_\_\_\_\_ ohne Zusatz

1b x \_\_\_\_\_ x mit Fumarsäure-Zusatz

1c . \_\_\_\_\_ . mit Maleinsäure-Zusatz

II. Temperatur = 0° C:

2a \_\_\_\_\_ ohne Zusatz

2b x \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x \_\_\_\_\_ x mit Fumarsäure-Zusatz

2c . \_\_\_\_\_ . mit Maleinsäure-Zusatz

III. Temperatur = -15° C:

3a \_\_\_\_\_ ohne Zusatz

3b xx \_\_\_\_\_ xx \_\_\_\_\_ xx mit Fumarsäure-Zusatz

3c .. \_\_\_\_\_ .. mit Maleinsäure-Zusatz

Lea-Zahlen = ccm  $\frac{n}{500}$  Na<sub>2</sub> S<sub>2</sub> O<sub>3</sub>/g Öl.

## II. Untersuchungen mit Olivenöl.

In der Abb. 2, in der die Peroxydigkeit in Lea-Zahlen ausgedrückt wird, tritt der sehr schädliche Einfluß des Lichtes — eine schon längst bekannte Tatsache in der Praxis der Fettkonservierung — wiederum klar zutage.

Die Kurve 1a zeigt, daß die durch das Licht in Gang gesetzte Autoxydation außerordentlich rasch verläuft. Durch Zusatz der Maleinsäure wird die Einwirkung des Lichtes auf die Autoxydation nahezu aufgehoben (vgl. Kurve 2a und 1c); aus dem Verlauf der Kurven kann sogar entnommen werden, daß die Ölprobe mit Maleinsäure-Zusatz bei sehr langer Lagerung (über 170 Tage) sich besser hält als das im Dunkeln gelagerte Öl. Die Fumarsäure hat diese günstige Wirkung nicht, wie aus dem Vergleich der Kurven 2a und 1b zu sehen ist; nach etwa 160 Tagen tritt hier eine verstärkte Autoxydation ein.

Die Lagerung im Dunkeln gilt als erste Forderung bei jeglicher Aufbewahrung der Fette. Wird darüber hinaus Maleinsäure zugesetzt, so ergibt sich eine beträchtliche Verbesserung der Haltbarkeit des Olivenöls (vgl. Kurve 2a mit 2c); die Oxydationsranzigkeit des so behandelten Öls erreicht erst nach rund 180 Tagen das gleiche Ausmaß wie die der unbehandelten, dunkelgelagerten Ölprobe nach 90 Tagen.

In Abb. 3 wird sichtbar, daß ein Oxydationsschutz des im Dunkeln gelagerten Olivenöls sowohl durch die untersuchten chemischen Mittel, als auch durch Senkung der Temperatur im Lagerraum erreicht wird.

Die Anwendung tiefer Temperaturen bildet mit das einfachste und **wirksamste** Mittel für die Verlangsamung der Oxydationsvorgänge, wie aus den Kurven 1a, 2a und 3a der Abb. 3 zu ersehen ist. Der Schutz der tiefen Temperatur hat außerdem den Vorteil, daß dabei auch die Entwicklung von Mikroorganismen stark **zurücktritt**, deren Tätigkeit zum Fettverderb beiträgt. Aus Abb. 3 ergeben sich für 100 bzw. 180tägige Lagerung des Olivenöls ohne Zusatz die in Tabelle 3 zusammengestellten Werte.

Tabelle 3. Temperaturabhängigkeit der Autoxydation von Olivenöl bei An- und Abwesenheit von Maleinsäure.

Lea-Zahlen von	reinem Olivenöl	Olivenöl mit Maleinsäure
a) bei Lagertemperatur = +20° C		
nach 100 Tagen . . . . .	38	26
nach 180 Tagen . . . . .	59	35
b) bei Lagertemperatur = 0° C		
nach 100 Tagen . . . . .	26	17
nach 180 Tagen . . . . .	30	20
c) bei Lagertemperatur = -15° C		
nach 100 Tagen . . . . .	20	14
nach 180 Tagen . . . . .	(21)+	(14)+

+ Diese Werte wurden durch Extrapolation gewonnen.

Die angeführten Werte zeigen, daß die Lagerung des Öles bei 0° C eine Verminderung der Oxydation um etwa 30—50% gegenüber der Aufbewahrung bei Zimmertemperatur zur Folge hat. Der Übergang von 0° C zu —15° C bringt eine weitere deutliche Hemmung der Oxydationsvorgänge; bei reinem Olivenöl sinkt die Lea-Zahl nach 100tägiger Lagerung von 26 bei 0° C auf 20 bei —15° C. Noch tiefere Temperaturen lassen aber keine wesentliche Verbesserung mehr erwarten.

Bei langer Lagerung treten die Vorteile tiefer Temperaturen noch deutlicher hervor. So ist nach Tabelle 3 bei Herabsetzung der Lagertemperaturen von 20° C auf 0° C nach 100 Tagen die Lea-Zahl um 32%, nach 180 Tagen um 49% niedriger. Den günstigen Einfluß tieferer Temperatur bei langfristiger Lagerung zeigt auch der Vergleich des Olivenöls ohne Zusatz bei einer Lagertemperatur von 0° C mit Olivenöl, das mit Maleinsäure behandelt wurde, bei einer Lagertemperatur von + 20° C. Nach 180 Tagen hat das reine Olivenöl bei 0° C die Lea-Zahl 30, während das mit Maleinsäure behandelte bei + 20° C schon die Lea-Zahl 35 erreicht.

Die durchgeführten Lagerversuche zeigen deutlich den antioxygenen Einfluß der Fumar- und Maleinsäure. Alle Abbildungen lassen erkennen, daß Maleinsäure ein stärker wirkendes Antioxydant als Fumarsäure ist. Für die Praxis ist in der Maleinsäure ein recht wirksames Mittel gefunden, um auch bei Zimmertemperatur, wenn Kaltlagerräume nicht zur Verfügung stehen (z. B. auch bei langen Transporten), die Autoxydation des Olivenöls um 32—41% herabzusetzen (vgl. Tabelle 3a).

Bei tiefen Temperaturen tritt der günstige Einfluß der Maleinsäure etwas zurück. So findet man bei 0° C nur noch eine Verbesserung um etwa 33—35% (Tabelle 3b) und bei —15° C eine solche von etwa 30% (Tabelle 3c).

Immerhin bedeutet die Verwendung von Maleinsäure bei tieferen Temperaturen eine durchaus beachtliche Verbesserung gegenüber der Anwendung tiefer Temperaturen ohne Zusatz, so daß die zusätzliche Verwendung von Maleinsäure auch in Kaltlagerräumen angebracht ist.

### Zusammenfassung.

1. Mit Hilfe der Lea-Zahlen wurde die Peroxydbildung in rohem und raffiniertem Rüböl und in Olivenöl bei der Lagerung unter verschiedenen Belichtungs- und Temperaturbedingungen sowie mit und ohne Zusatz von Malein- und Fumarsäure verfolgt.

2. Es wurde festgestellt, daß Maleinsäure und Fumarsäure Oxydationsschutzmittel für Fette sind. Maleinsäure wirkt stärker als Fumarsäure.

3. Der schädliche Einfluß der Lichteinwirkung auf die Haltbarkeit der Öle konnte bestätigt werden. Beide Antioxydantien vermögen die Autoxydation auch unter Lichteinwirkung stark zu hemmen.

4. Der antioxydative Einfluß tritt am stärksten bei Zimmertemperatur in Erscheinung. Bei 0° C und —15° C ist er zwar schwächer, aber noch deutlich bemerkbar.

Sonderabdruck (Nicht im Handel)  
aus „Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung“  
88. Band, 6. Heft, 1948, Seite 586—593

---

J. F. Bergmann, München | Springer-Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg