

Verfärbungen von Sauerkraut

Herbert J. Buckenhüskes

Lebensmittelwissenschaftliche Beratung,
Hemmingen

LWB

Sauerkraut - Definition

Sauerkraut ist ein Erzeugnis, das aus in dünne Streifen geschnittenem, frischen Weißkohl (*Brassica oleracea var. capitata*) nach Zusatz von Kochsalz durch natürliche Gärungsvorgänge, im Wesentlichen durch Milchsäuregärung, hergestellt wird. Sauerkraut wird unter der Verkehrsbezeichnung Sauerkraut oder Sauerkohl in den Verkehr gebracht

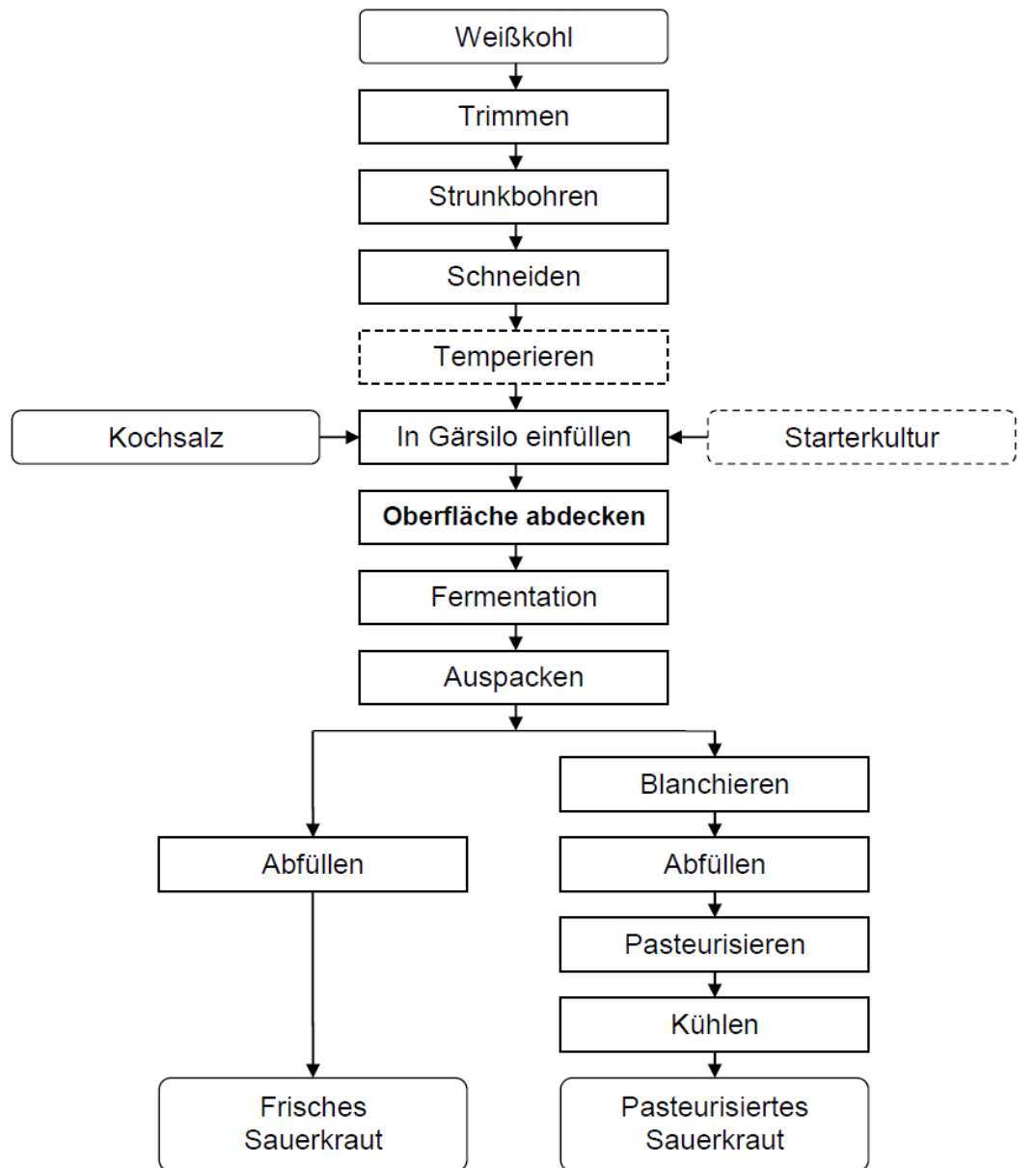
Sauerkraut - Sensorik

Allgemeine und sensorische Merkmale

- Genügend vergoren und von ausreichend fester Konsistenz
- Helles Aussehen
- Arttypischer, kräftiger Geruch und Geschmack

Leitsätze für Gemüseerzeugnisse in der Fassung vom 08.01.2008

Fließschema zur Herstellung von Sauerkraut

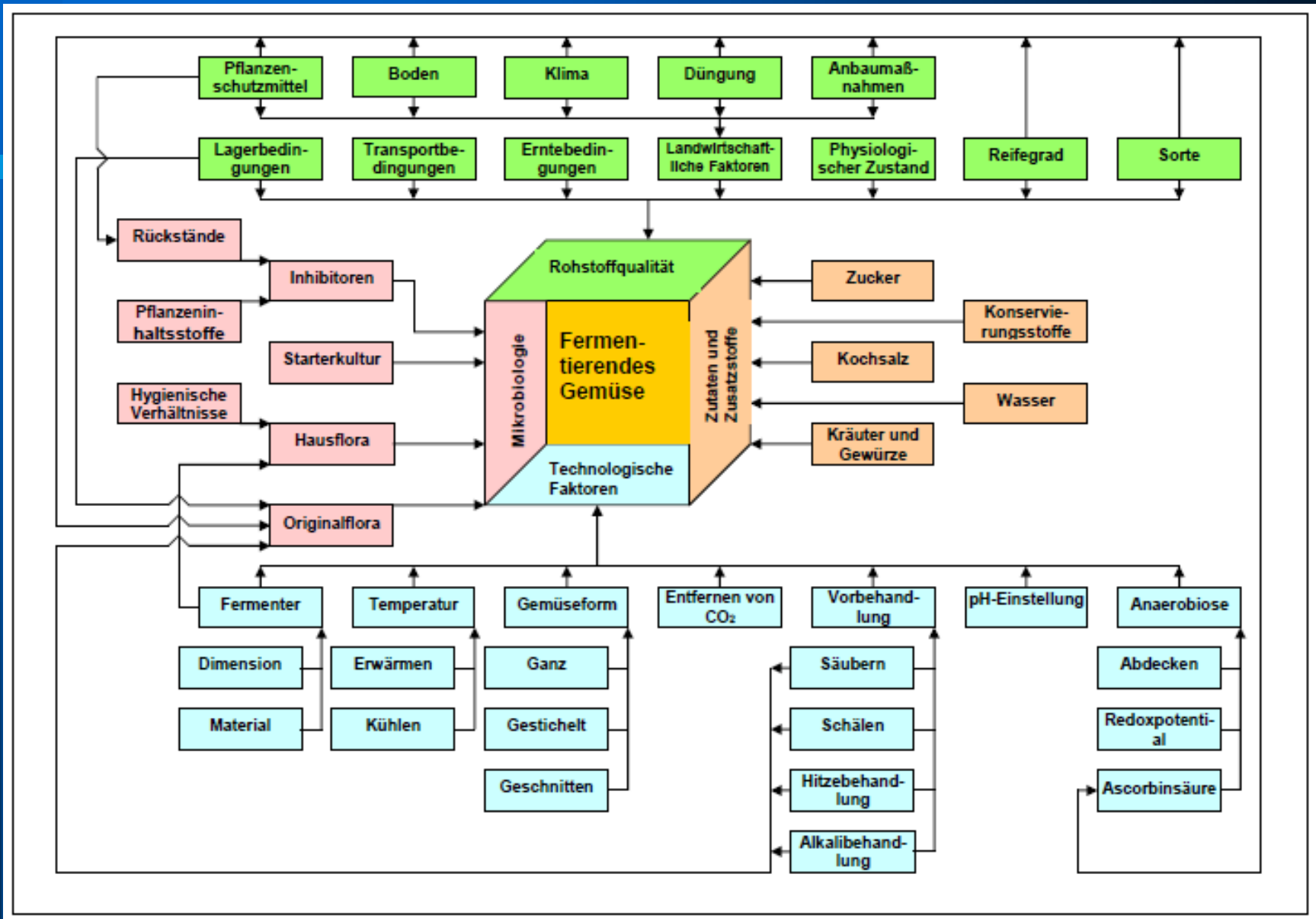


Buckenhüskes, H.J.: Fermentierte pflanzliche Lebensmittel. In: Holzapfel, W. (Hrsg.): Mikrobiologie der Lebensmittel – Lebensmittel pflanzlicher Herkunft. Behr's Verlag, Hamburg 2007, 503-590

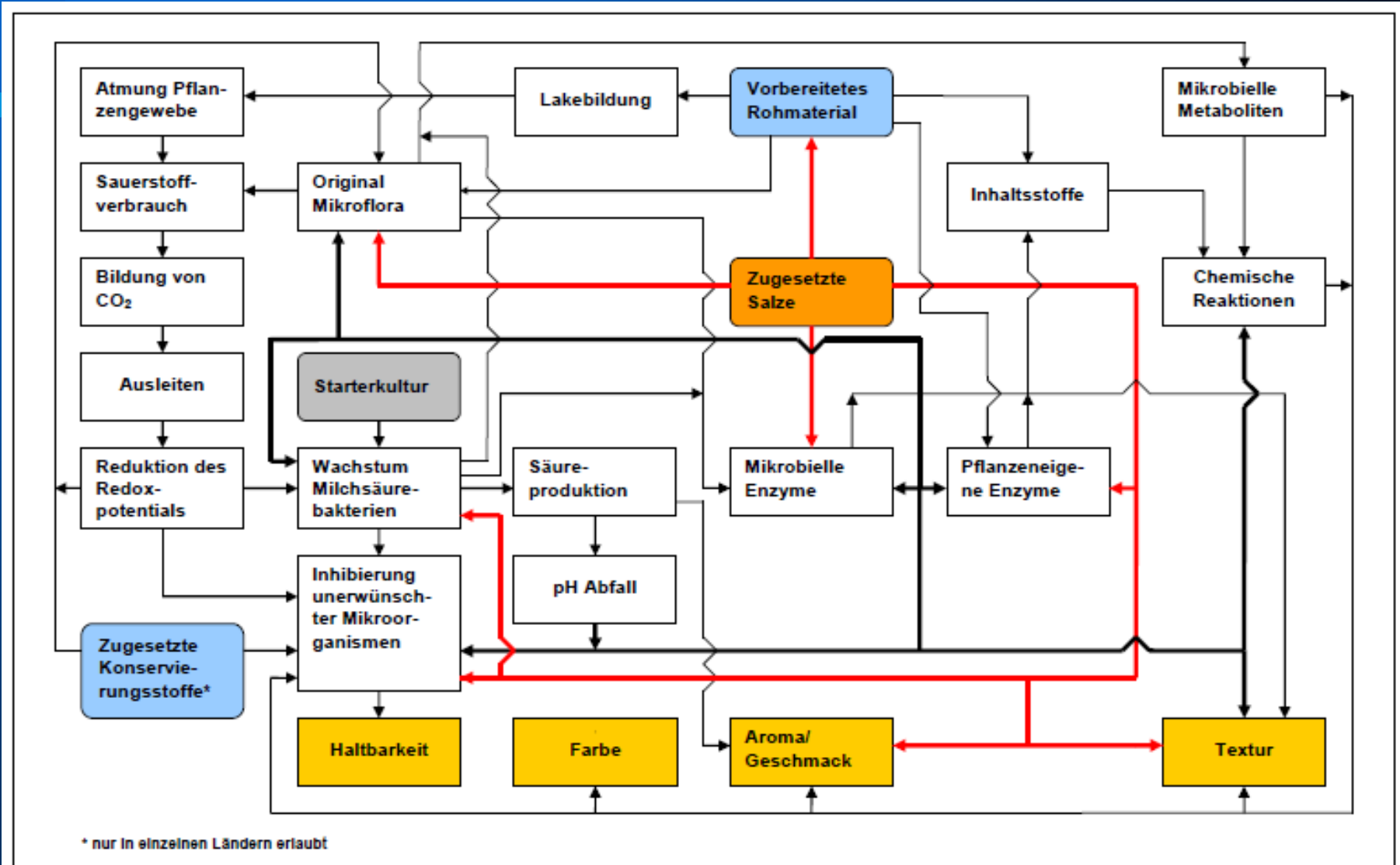
Ökologische Rahmenbedingungen

- Der Gärstock setzt sich aus einer festen und einer flüssigen, zeitweise auch einer gasförmigen Phase zusammen. Bei der festen Phase handelt es sich um Gemüsegewebe, das überwiegend aus noch intakten Zellen besteht. Die flüssige Phase entsteht durch austretende Gewebeflüssigkeit.
- Als Substrat dienen aus dem Kohl stammende Inhaltsstoffe, wodurch zumeist alle erforderlichen Wachstumsfaktoren, Mineral- und Nährstoffe reichlich vorliegen.
- Im Kohlgewebe erfolgen Stofftransporte nur durch Diffusion und damit sehr langsam. In der Lake können dagegen Strömungen auftreten und sie kann auch aktiv umgepumpt werden.
- Die Rohware weist in Abhängigkeit von vielfältigen Einflussfaktoren qualitativ und quantitativ unterschiedlich zusammengesetzte Mischfloren auf.
- Es besteht keine Möglichkeit, die Rohware vor der Fermentation einer keimvermindernden Behandlung zu unterziehen. Vielmehr werden die originär vorhandenen Mikroorganismen im gesamten Fermentationsbehältnis verteilt.
- Salmonellen, Clostridien, Listerien sowie andere pathogene oder verderbniserregende Mikroorganismen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit anwesend.
- Wasseraktivität $a_w = 0,95 - 0,99$
- Ausgangs pH-Wert
Weißkohl $pH = 5,9 - 6,5$
- Temperatur
Sauerkraut $t = 05 - 20 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Zuckergehalte $= 20 - 60 \text{ g/kg}$
- Pufferkapazität
(Milchsäure / 100 g Gemüse) $0,45 - 0,60 \text{ g}$
- Kochsalz
Sauerkraut $0,6 - 2 \text{ } \%$

Einflussfaktoren auf die Qualität von Sauerkraut



Vorgänge, die während der Fermentation von Weißkohl zu Sauerkraut ablaufen



Kochsalz und Anaerobiose

- **2 – 4 % der Zellen angeschnitten**
- **Entstehung konzentrierter Salzlösung**
- **Osmotische Abgabe von Zellsaft = Konzentrationszunahme in den Zellen**
- **Abnahme Turgor führt zu besserer Verformbarkeit**
- **Luft zwischen Fasern durch Zusammenpressen und durch entstehende Flüssigkeit verdrängt**
- **Wahrscheinlich kein Eindringen von Salz in die Zellen**
- **Zelltod mit Funktionsverlust der Membrane**
- **Verbesserte Freisetzung von Zellinhaltsstoffen**

Kochsalz und Mikrobiologie

- Artenreiche Mischflora
- Milchsäurebakterien nur 0,1 – 1 %
- Teilweise Hemmung durch Salz; vor allem einige gram-negative Bakterien wie Pseudomonaden, Flavobakterien und Achromobakter
- Milchsäurebakterien, teilweise recht salztolerant
- Niedrige Konzentrationen (um 1 %) begünstigen heterofermentative Arten (*Leuconostoc* und *Lb. brevis*)
 - Stärkere Aktivität führt zu schnellerer Säuerung mit höherem Anteil flüchtiger Säuren (aromatischer bei relativ hohem pH-Wert)
- Höhere Konzentrationen
 - begünstigen homofermentative Arten (*Lb. plantarum*)
 - sollen auch rosa pigmentierte Hefen begünstigen
- < 0,8 % vermehrt Fehlgärungen

1. Gärphase

- Artenreiche Mischflora
- Bildung zahlreicher Stoffwechselprodukte
- pH-Wert $> 4,5$
- Noch Restsauerstoff vorhanden
- Starke Bildung von Kohlendioxid

2. Gärphase

- Sauerstoffgehalt und pH-Wert ↓
- Starke Vermehrung heterofermentativer LAB
- Bildung von Milch- und Essigsäure
- In Abwesenheit von Sauerstoff – Bildung Äthanol
- pH-Wert fällt auf etwa 4,0
- Bei 15 – 20 °C nach etwa 3 Tagen beendet

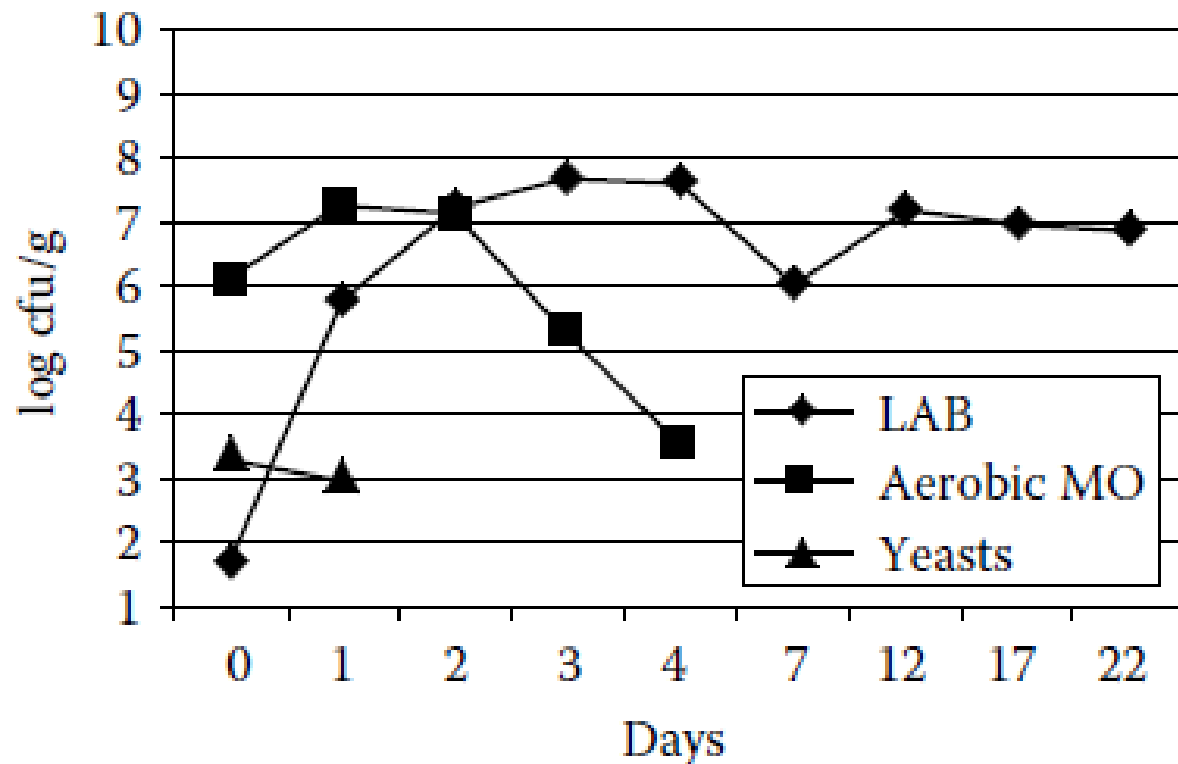
3. Gärphase

- Infolge des niedrigen pH-Wertes: Vermehrung homofermentativer LAB
- Fast nur noch Bildung von Milchsäure
- pH-Wert fällt auf etwa 3,5
- Säuregehalt von 1,5 – 2,0 %

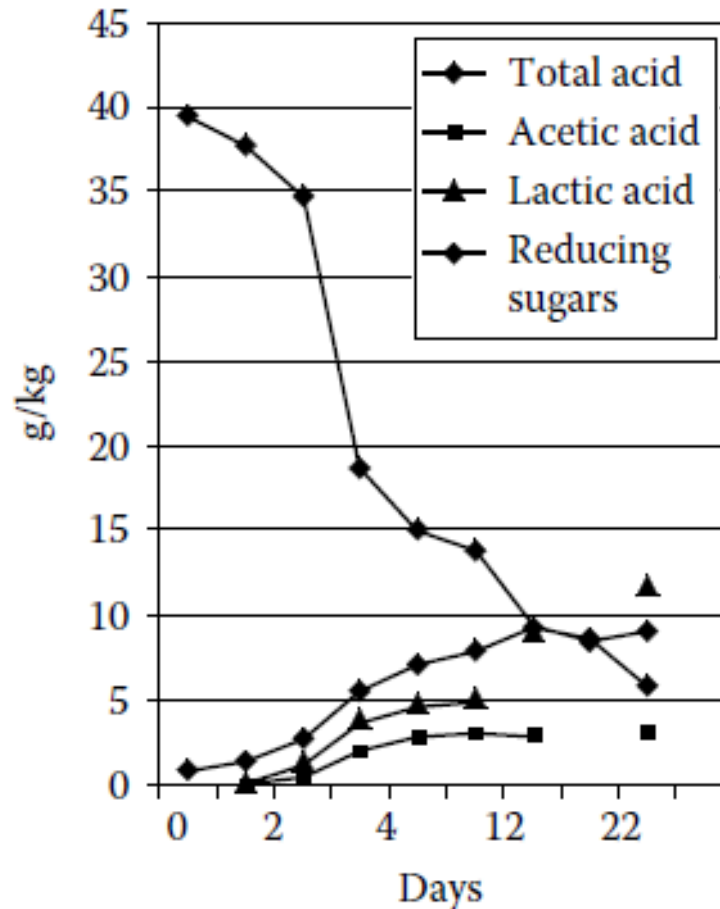
4. Gärphase

- Vermehrung besonders säuretoleranter heterofermentativer LAB
- Bildung von Milch- und Essigsäure sowie Kohlendioxid
- Vollständige Verwertung fermentierbarer Zucker
- pH-Wert kann bis etwa 3,1 – 3,2 fallen

Sauerkraut - Fermentation



Sauerkraut - Fermentation



Fehlprodukte

- Fehlgärungen
- Verfärbungen
- Bitteres Sauerkraut
- Weiches Sauerkraut
- Schleimiges Sauerkraut

Braunverfärbung

- **Erscheinungsbild:** Beim Umpacken von endvergorenem Sauerkraut aus den Silos
- **Mögliche Ursachen:**
 - Fehlgärung durch Hefen nach MS-Gärung
 - Oxidation von phenolartigen Substanzen
 - Falls durchgehend: Fehlgärung durch Clostridien: Buttersäure- oder Propionsäuregärung
- **Mögliche Gegenmaßnahmen:**
 - Hygiene verbessern
 - Rohware besser putzen, insbesondere bei Lagerkohl
 - Starterkultur verwenden

Rotverfärbung I

➤ Mögliche Ursachen:

- *Rhodotorula Hefen*
carotinoide Farbstoffe von gelblicher bis korallenroter Farbe
- Reaktion von Kaliumrhodanid ($\text{K}^+[\text{S-C}\equiv\text{N}]^-$) mit dreiwertigem Eisen zu einem roten Eisenrhodanid-Komplex
- Umwandlung von Leucoanthocyanidinen
- Bildung durch *Lactobacillus brevis*

Rotverfärbung II

➤ Mögliche Gegenmaßnahmen:

x Ascorbinsäure

- kann die Verfärbung nicht sicher unterbinden
- kann bestehende Verfärbung nicht rückgängig machen
- soll die Verfärbungsneigung reduzieren

x Zugabe von Mangan

- kann die Verfärbung nicht sicher unterbinden
- Zusatz von etwa 1 ppm Mangan (als Mangansulfat) soll die Verfärbungsneigung reduzieren

Grauverfärbung I

- **Erscheinungsbild:** Mehr oder weniger starke Verfärbung beim Kontakt des Sauerkrautes mit Sauerstoff. Wirkt sich geschmacklich aus.
- **Mögliche Ursachen:**
 - Einwirkung von Sauerstoff und Licht
 - Mechanismus unbekannt
 - Spekulation:
 - o Unharmonische Düngung des Kohls
 - o Vitamin C-Mangel
 - o Zu langsame Gärung

Grauverfärbung II

➤ Mögliche Gegenmaßnahmen:

Zusatz von 0,1 – 0,2 % Ascorbinsäure (1 – 2 g pro kg Sauerkraut)

Zugabe unmittelbar vor dem Abfüllen zur Lake.
Sinnvoll ist es, dem Sauerkraut bereits vor dem Blanchieren einen Teil der Ascorbinsäure zuzusetzen.

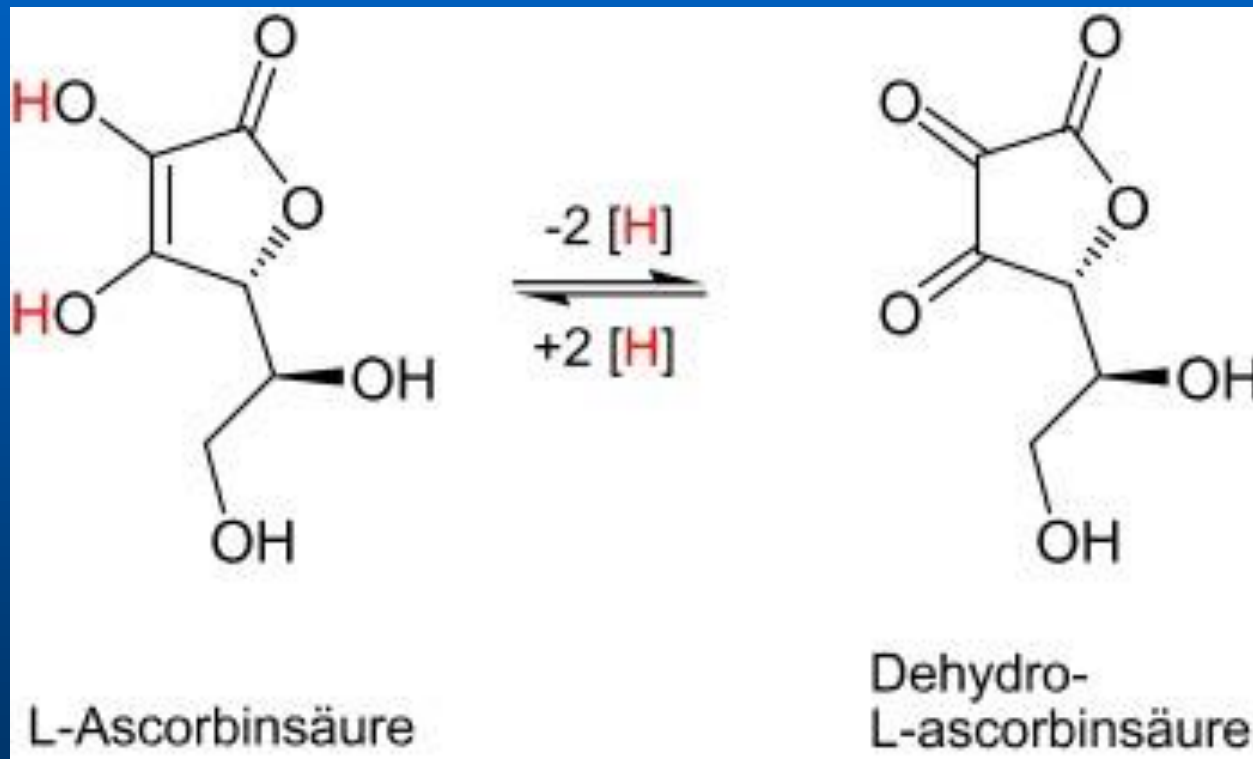
Grau-/Schwarzverfärbung

- Erscheinungsbild: dunkel verfärbte Zonen besonders in den oberen Schichten
- Mögliche Ursachen:
 - *Aureobasidium pullulans*
Schimmelpilz, der braun bis schwarz gefärbte Melanine bildet
 - Bakteriell gebildeter Schwefelwasserstoff kann mit Eisenionen zum kräftig schwarz gefärbten Eisensulfid reagieren

Verschiedenartige Verfärbungen

- Wachstum pigmentierter Schimmelpilze
- Wachstum von Hefen: graue, cremefarbene oder weiße Beläge auf den Krautfasern
- Begleitet von gärigem Geruch

Vitamin C



LWB

Sollte > 40 mg /100 g Weißkohl betragen

Vitamin C-Gehalt (VC) Weißkohl

- Sortenabhängig
- Nimmt mit zunehmender Vegetationsdauer zu
- Nimmt mit zunehmendem Reifegrad ab
- Nimmt mit zunehmendem Kopfgewicht ab
- Hohe Schwankungen von Jahr zu Jahr
- Witterungseinflüsse; längere Sonnenstrahlung ↑
- In sonnenreichen und niederschlagsarmen Jahren ↑
- Positive Korrelation mit Zuckergehalt, Trockensubstanz und Festigkeit
- Negative Korrelation mit dem Ertrag
- Ausreichende Düngung positiv

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

