

### 2.1 Mikrobiologischer Status der Gewürze

Naturbelassene Gewürze weisen im Allgemeinen hohe Keimgehalte auf, die sich im Bereich zwischen  $10^3$  KbE/g und  $10^8$  KbE/g bewegen. Die Zahlen variieren dabei je nach Gewürzart, Herkunft, Ernteform, Alter, Lagerungsbedingungen und dem hygienischen Zustand bei Gewinnung, Behandlung, Bearbeitung und Vermahlung (NEUMAYR & FORSTMEIER, 1981).

Dass Kräuter und Gewürze ein stark kontaminiertes Lebensmittel darstellen können, war frühzeitig bekannt, und schon um 1900 wurden Forschungsarbeiten über die Mikrobiologie der Gewürze angefertigt. HILLE (1937) erwähnte die Arbeiten von HOBGING (ohne Jahresangabe) wonach die größte Keimzahl bei Majoran und die niedrigste bei Nelken gefunden wurde. Dabei wurden aus Majoran sieben verschiedene, aus Pfeffer fünf und aus Gewürznelken lediglich drei unterschiedliche Mikroorganismengruppen isoliert.

Nach Keimgruppen geordnet kann sich die mikrobielle Belastung laut WEBER (1997) folgendermaßen darstellen: Aerobe Sporenbildner  $\leq 10^7$  KbE/g, Hefen  $\leq 10^5$  KbE/g, Schimmelpilze  $\leq 10^5$  KbE/g, Escherichia coli  $\leq 10^3$  KbE/g, Enterobakteriaceen  $\leq 10^7$  KbE/g, Streptokokken  $\leq 10^6$  KbE/g, Bacillus cereus  $\leq 10^4$  KbE/g, sulfitreduzierende Clostridien  $\leq 10^2$  KbE/g, Pseudomonaden  $\leq 10^5$  KbE/g und Staphylokokken  $\leq 10^4$  KbE/g. Salmonellen wurden sehr selten beobachtet.

CORETTI (1955) ermittelte folgende Gesamtkeimzahlen bei verschiedenen Gewürzen: Pfeffer (schwarz)  $10^7$ - $10^9$  KbE/g, Paprika, Koriander, Bohnenkraut, Thymian und Majoran jeweils  $10^6$  KbE/g, sowie Piment, Kardamom, Zimt und Basilikum jeweils  $10^5$  KbE/g. Mit  $10^2$  KbE/g zeigten Muskatnuss, Macis, Nelken und Senfkörner die niedrigste. Die Zahl für schwarzen Pfeffer stieg teilweise auf bis zu  $10^9$  KbE/g an.

Ähnliche Zahlen für den mikrobiologischen Status von Gewürzen publizierte POHJA (1957), jedoch wichen die Werte gegenüber CORETTIS Daten (1955) bei einigen Gewürzen etwa um eine Zehnerpotenz ab. Dass schwarzer Pfeffer stets die höchste Keimbelastung besaß, bestätigten WALZ (1956) sowie BARTELS & HADLOK (1966).

Eine dominierende Rolle in der Gewürzkontamination spielen nach HENNER et al. (1983) aerobe Sporenbildner, Hefen, Schimmelpilze und Laktobazillen. Keine große Bedeutung besitzen dagegen Clostridien, Mikrokokken und Enterokokken.

Für die einzelnen Gewürze liegen folgende Angaben vor:

Bei Anis wurde eine Gesamtkeimzahl von  $3,1 \times 10^5$  KbE/g, ein Enterobakteriazeengehalt von  $2,0 \times 10^5$  KbE/g, 23 KbE E. coli/g, 20 KbE Clostridium perfringens/g, Schimmelpilze in einer Menge von  $6,8 \times 10^3$  KbE/g und ein Hefengehalt von  $3,1 \times 10^3$  KbE/g nachgewiesen (ZSCHALER,1979). Desweiteren ist die Anwesenheit von Aeromonaden und Pseudomonaden nicht ungewöhnlich (KNEIFEL & BERGER,1994).

WALZ (1956) bezeichnete Basilikum als stark keimhaltig. Die Angaben für die Gesamtkeimzahl variieren von  $10^5$  KbE/g (CORETTI,1955) über  $10^6$  KbE/g (ZSCHALER,1979; DE BOER et al.,1985) bis hin zu  $10^7$  KbE/g (BECKMANN et al., 1994; KNEIFEL & BERGER, 1994). Das Keimspektrum beschrieb ZSCHALER (1979) wie folgt: Enterobakteriazeen  $10^5$  KbE/g, E. coli  $1,1 \times 10$  KbE/g, Bacillus cereus  $1,2 \times 10^3$  KbE/g, Clostridium perfringens  $2,5 \times 10^2$  KbE/g, Schimmelpilze  $6,0 \times 10^2$  KbE/g und Hefen  $3,4 \times 10^2$  KbE/g. DE BOER (1985) fand ebenfalls einen Enterobakteriazeengehalt  $> 10^5$  KbE/g, aber mit  $10^4$  KbE/g eine deutlich intensivere Hefenbelastung. Zusätzlich zum genannten Keimspektrum wiesen KNEIFEL & BERGER (1994) koagulase positive Staphylokokken nach.

Bohnenkraut gilt in Anlehnung an Basilikum gleichfalls als stark kontaminiert (WALZ, 1956) und weist eine Gesamtkeimzahl von  $10^6$  KbE/g auf (CORETTI, 1955). Desweiteren kann nach einer Arbeit von DE BOER et al. (1985) ein Clostridiengedalt von  $> 10^3$  KbE/g vorkommen.

Trotz seines scharfen Geschmacks ist Cayennepfeffer entgegen der landläufigen Meinung kein keimarmes oder gar keimfreies Gewürz. Es handelt sich vielmehr um ein stark belastetes Würzmittel, wie die Angaben von ZSCHALER (1979) zeigen: Gesamtkeimzahl  $10^5$  KbE/g, Enterobakteriazeen  $4,0 \times 10^4$  KbE/g, E. coli  $< 3$  KbE/g, Bacillus cereus  $5,0 \times 10^2$  KbE/g, St. aureus  $< 100$  KbE/g, Cl. perfringens  $< 10$  KbE/g, Schimmelpilze  $2,1 \times 10^3$  KbE/g sowie Hefen  $4,6 \times 10^3$  KbE/g. In seinen Erhebungen vermochte PAFUMI (1986) keine B. cereus, E. coli und Cl. perfringens aus diesem

Gewürz zu isolieren, berichtete aber über eine Schimmelpilzbelastung auf einem Niveau von  $10^3$  KbE/g.

Curry ist eine aus mehreren Einzelgewürzen zusammengesetzte Gewürzmischung, und es liegt daher nahe, dass die Keimbelastung recht hoch ausfällt und zugleich stark variiert (HARTGEN & KAHLAU, 1985). Die Gesamtkeimzahlwerte reichen von  $6,9 \times 10^6$  KbE/g (ZSCHALER, 1979) bis  $> 10^7$  KbE/g (DE BOER et al., 1985; KNEIFEL & BERGER, 1994). Die Hefendichte kann bis zu  $> 10^4$  KbE/g und die Schimmelpilzbelastung bis zu  $> 10^5$  KbE/g betragen (DE BOER et al., 1985). ZSCHALER (1979) fand desweiteren Enterobakteriaceen ( $8,0 \times 10^4$  KbE/g) und *B. cereus* ( $1,0 \times 10^3$  KbE/g) in einer Curryprobe.

Dill gilt ebenfalls als stark kontaminiertes Kraut. In der Literatur sind Gesamtkeimzahlen von bis zu  $10^7$  KbE/g (BECKMANN et al., 1994) und eine Schimmelpilzbelastung von  $> 10^4$  KbE/g (DE BOER et al., 1985) beschrieben.

KNEIFEL & BERGER (1994) ordneten Fenchel als gering belastet ein, dem stehen jedoch Angaben von BECKMANN et al. (1994) mit  $10^7$  KbE/g entgegen.

Ingwerwurzel weist ein weites Spektrum an Mikroorganismen auf und wird im Allgemeinen als stark keimhaltig bezeichnet (WALZ, 1956; JULSETH & DEIBEL, 1974; KNEIFEL & BERGER, 1994). Unter anderen kann sie *B. cereus* (KNEIFEL & BERGER, 1994), *Cl. perfringens* (DE BOER et al., 1985), Hefen und Schimmelpilze (THANGAMANI et al., 1975) sowie Streptokokken und Staphylokokken (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982) beherbergen.

Kardamom gehört zu den mikrobiologisch wenig problematischen Gewürzen (OBERDIECK, 1992). Dies zeigt sich in den relativ geringen Gesamtkeimzahlen von 60 KbE/g (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982) bzw.  $5,0 \times 10^2$  KbE/g (THANGAMANI et al., 1975) sowie  $10^5$  KbE/g (CORETTI, 1955; KAUL & TANEJA, 1989). Hefen können in einer Größenordnung von bis zu  $10^5$  KbE/g (DE BOER et al., 1985) vorkommen.

Knoblauch enthält Stoffe mit hoher antimikrobieller Aktivität (KNEIFEL & BERGER, 1994), weshalb eine relativ niedrige Belastungsrate besteht.

Bei Koriander handelt es sich offenbar um ein sehr stark belastetes Gewürz. Zwar beschrieb POHJA (1957) einen niedrigen Keimgehalt in Höhe von  $10^2$  KbE/g, doch zeigen spätere Arbeiten eine deutlich stärkere Kontamination bis  $2,3 \times 10^8$  KbE/g (THANGAMANI et al., 1975). Das Spektrum der Mikroorganismen umfasst Schimmelpilze, Streptokokken, Hefen, Enterobakteriaceen und Staphylokokken (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982) sowie E. coli, B. cereus (ZSCHALER, 1979) und coliforme Keime (SATCHELL et al., 1989).

Kümmel kann aerobe Sporenbildner in einer Höhe von  $> 10^7$  KbE/g und eine Schimmelpilzdichte von  $> 10^4$  KbE/g aufweisen (DE BOER et al., 1985). Die Gesamtkeimzahl nimmt Werte zwischen  $10^3 - 10^5$  KbE/g (ROSENBERGER & WEBER, 1993),  $10^6$  KbE/g (ZSCHALER, 1979) und  $10^7$  KbE/g an. Ein Befall des Kümmels mit Enterobakteriaceen ( $8,1 \times 10^4$  KbE/g), E. coli (23 KbE/g), B. cereus ( $3,1 \times 10^3$  KbE/g), Cl. perfringens (280 KbE/g) und Hefen ist ebenfalls nachgewiesen (DE BOER et al., 1985).

Als stark belastetes Gewürz (KNEIFEL & BERGER, 1994) erreicht Kurkuma (Gelbwurz) eine Gesamtkeimzahl von über  $10^7$  KbE/g (DE BOER et al., 1985).

Macis ist mit einer Keimbesiedlung von bis zu  $4,8 \times 10^6$  KbE/g eher mittelgradig belastet. Enterobakteriaceen, Staphylokokken, Schimmelpilze, Streptokokken, Hefen (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982) sowie B. cereus und Cl. perfringens wurden isoliert (PAFUMI; 1986).

Majoran wurde von WALZ (1956) als stark keimhaltig beschrieben und bereits 1937 fand HILLE sieben verschiedene Stämme von Bakterien in diesem Würzkräut. Im Gegensatz dazu zeigen neuere Arbeiten einen eher mittleren Keimgehalt von  $10^5$  KbE/g (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982) bis  $10^6$  KbE/g (ZSCHALER, 1979). Hefen, Schimmelpilze, Cl. perfringens, B. cereus gehören ebenso zum Keimspektrum (ZSCHALER, 1979) wie Staphylokokken und Streptokokken (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982).

Muskatnuss kann mit Streptokokken, Hefen, Enterobakteriaceen, Staphylokokken und Schimmelpilzen (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982) sowie E. coli, B. cereus und Cl.

perfringens kontaminiert sein (ZSCHALER, 1979). Die Gesamtkeimzahl schwankt zwischen  $10^2$  KbE/g (THANGAMANI et al., 1975) und  $10^6$  KbE/g (ZSCHALER, 1979) und liegt demnach im mittleren Bereich.

Nelken enthalten Stoffe mit hoher antimikrobieller Aktivität, was sich durch eine relativ niedrige Belastungsrate bestätigt (KNEIFEL & BERGER, 1994, SNYDER 1997). Die Gesamtkeimzahl liegt zwischen  $10^2$  KbE/g (THANGAMANI et al., 1975) und  $10^4$  KbE/g (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982). Im Gegensatz zu diesen Aussagen fanden jedoch KAUL & TANEJA (1989) eine Gesamtkeimzahl von  $10^7$  KbE/g in Nelken. Sie erweisen sich als frei von *B. cereus*, *Cl. perfringens*, Coliformen, *E. coli* und Salmonellen (PAFUMI, 1986), jedoch sind Nelken mit Staphylokokken, Streptokokken, Schimmelpilzen, Hefen und aeroben Sporenbildnern kontaminiert.

Oregano besitzt eine mittlere antimikrobielle Aktivität (SNYDER, 1997). Die Gesamtkeimzahlwerte werden mit  $10^5$  KbE/g (JULSETH & DEIBEL, 1974) und  $10^7$  KbE/g (KNEIFEL & BERGER, 1994) angegeben. Enterobakteriazeen bilden mit  $10^5$  KbE/g den Hauptanteil der Flora (DE BOER et al., 1985), desweiteren kommen aerobe Sporenbildner, Schimmelpilze und *Cl. perfringens* vor.

Paprika gilt als stark kontaminiert (HARTGEN & KAHLAU, 1985). Die Gesamtkeimzahl kann bis zu  $10^7$  KbE/g betragen (JULSETH & DEIBEL, 1974; DE BOER et al., 1985). Der Anteil der Hefen und Schimmelpilze ist zum Teil sehr hoch (KNEIFEL & BERGER, 1994) und erreicht  $10^2$  KbE/g (JULSETH & DEIBEL, 1974), aber auch bis  $> 10^4$  KbE/g (DE BOER et al., 1985). Gelten die meisten Gewürze als salmonellenfrei, so fällt die Salmonellenkontamination bei Paprika mit 6,7 – 13,8% bemerkenswert hoch aus (D'AOUST, 1994).

Petersilie weist ein weites bakteriologisches Spektrum auf. Enterobakteriazeen, *E. coli*, *B. cereus*, sulfitreduzierende Anaerobier werden ebenso nachgewiesen wie Schimmelpilze und Hefen (ZSCHALER, 1979; ROSENBERGER & WEBER, 1993). Die Gesamtkeimzahl von bis zu  $10^7$  KbE/g (BECKMANN et al., 1994) spricht für eine geringe antimikrobielle Aktivität. Ein weiteres Indiz für das Fehlen von endogenen Hemmstoffen bildet die Salmonellenkontaminationsrate von 6,7 – 13,8% (Beckmann et al., 1994).

Pfeffer (schwarz) weist gleichfalls eine hohe Salmonellenkontaminationsquote auf (D'AOUST, 1994) und gilt zugleich als stark kontaminiert (HARTGEN & KAHLAU, 1985). CORETTI fand 1955 eine Gesamtkeimzahl von  $10^9$  KbE/g. Schon 1937 konnten fünf verschiedene Stämme von Bakterien aus Pfeffer isoliert werden (HILLE). Neuere Arbeiten weisen auf eine Keimbelastung von bis zu  $10^7$  KbE/g hin (ROSENBERGER & WEBER, 1993). Zum Keimspektrum gehören *B. cereus*, *E. coli*, *Cl. perfringens* (PAFUMI, 1986), Schimmelpilze, Hefen (BARTELS & HADLOK, 1966; THANGAMANI et al., 1975) sowie Enterokokken (KNEIFEL & BERGER, 1994). Verschiedene Salmonellenfunde wurden publiziert (PAFUMI, 1986; KNEIFEL & BERGER, 1994; D'AOUST, 1994).

Die Pfefferminze besitzt Stoffe mit antimikrobieller Wirkung (KNEIFEL & BERGER, 1994). Trotzdem liegt die Gesamtkeimzahl bei  $10^7$  KbE/g, die Hefenbelastung bei  $10^6$  KbE/g, und ein Salmonellennachweis gelang bei 1% der Proben. *E. coli* und *Cl. perfringens* gehören zum Keimspektrum, die Belastung mittels dieser Keime ist jedoch gering (BECKMANN et al., 1994).

WALZ (1956) beschrieb Piment als stark keimhaltig, und auch HARTGEN & KAHLAU (1985) bezeichneten den Nelkenpfeffer als stark kontaminiert. Die Gesamtkeimzahl reicht von  $10^5$  KbE/g (CORETTI, 1955) bis  $> 10^7$  KbE/g (KNEIFEL & BERGER, 1994). Piment kann mit aeroben Sporenbildnern, Enterobakteriazeen, Streptokokken, Staphylokokken, Hefen und Schimmelpilzen kontaminiert sein (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982).

Rosmarin gehört zu den mittelgradig verkeimten Kräutern mit einer Gesamtkeimzahl von  $10^5$  KbE/g (JULSETH & DEIBEL, 1974). Die Schimmelpilzbelastung kann jedoch bis auf  $> 10^5$  KbE/g ansteigen. Das Keimspektrum umfasst Enterobakteriazeen, aerobe Sporenbildner, Staphylokokken, Streptokokken, Schimmelpilze und Hefen (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982).

Salbei besitzt laut SNYDER (1997) eine hohe antimikrobielle Aktivität sowie geringgradige Keimbelastung. Auch hier zeigt sich die Schimmelpilzdichte mit  $> 10^5$  KbE/g (DE BOER et al., 1985; BECKMANN et al., 1994) als recht hoch.

Selleriesaat variiert in der Literatur in der Gesamtkeimzahl von  $7,5 \times 10^5$  bis  $10^7$  KbE/g (JULSETH & DEIBEL, 1974). Der Schimmelpilzgehalt liegt bei  $> 10^5$  KbE/g (DE BOER et al., 1985)

Mit Senfsaat (ganz) beschäftigte sich CORETTI (1955) und fand eine geringe Kontamination mit Keimen ( $10^2$  KbE/g). 1974 wiesen JULSETH & DEIBEL Werte von  $10^4$  KbE/g und einen sehr geringen Schimmelpilzbefall ( $< 10$  KbE/g) nach.

Thymian wird als stark keimhaltig beschrieben (WALZ, 1956). Die Gesamtkeimzahl kann bis zu  $10^6$  KbE/g betragen (CORETTI, 1955; DE BOER et al., 1985). Wie bei fast allen hoch belasteten Kräutern und Gewürzen weist auch Thymian ein weites Spektrum an Keimen auf. Aerobe Sporenbildner, Enterobakteriaceen, Streptokokken, Staphylokokken, Hefen und Schimmelpilze können ebenso nachgewiesen werden (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982), wie *B. cereus*, *E. coli*, *Cl. perfringens* und Pseudomonaden (ZSCHALER, 1979). Der Nachweis von Salmonellen gelingt zu etwa 1% (BECKMANN et al., 1994).

Zimt wird vielfältig in der Literatur erwähnt. Die Gesamtkeimzahlen erstrecken sich von  $10^2$  KbE/g (THANGAMANI, 1975) über  $10^3$  KbE/g (POHJA, 1957) und  $10^5$  KbE/g (CORETTI, 1955) bis zu  $10^7$  KbE/g (JULSETH & DEIBEL, 1974). Daher überrascht auch nicht die Variabilität der nachgewiesenen Keime: aerobe Sporenbildner, Schimmelpilze, Streptokokken, Hefen, Enterobakteriaceen, Staphylokokken (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982) und *E. coli* (PAFUMI, 1986).

Die Zwiebel weist eine Gesamtkeimzahl von  $3,5 \times 10^5$  KbE/g mit einem Spektrum von aeroben Sporenbildnern, Streptokokken, Enterobakteriaceen, Staphylokokken, Hefen und Schimmelpilzen auf (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982). 1986 beschrieb PAFUMI eine *E. coli*-Belastung von 3 KbE/g.

Gewürze unterscheiden sich nicht nur durch ihren anatomischen Aufbau, Geruch und Geschmack von einander, sondern sie weisen auch eine verschiedenartige chemische Zusammensetzung ihrer Inhaltsstoffe auf.

Der Gehalt an ätherischen Ölen beeinflusst neben anderen Pflanzeigenschaften, wie z. B. pflanzenanatomische Schutzeinrichtungen (Schalen) und „Staubfänger“, in hohem Maße die Verkeimung des Gewürzes (CUTTER, 2000; STIEGLER, 2001).

Ätherische Öle sind als eine Gruppe aromagebundener flüchtiger, in Alkohol löslicher Substanzen definiert (NYCHAS & TASSOU, 2000). Obwohl der Mechanismus der Aktivität der Phenole und ätherischen Öle noch nicht vollständig geklärt ist, wird allgemein akzeptiert, dass diese Inhaltsstoffe die Cytoplasmamembran angreifen und die Permeabilität sowie die Freisetzung von intrazellulären Stoffen stören. So unterbinden Phytoalexine (z. B. in Pfeffer) die Zellmembranfunktion. Isothiocyanate, in Senf enthalten, werden in Zellvakuolen gelagert und freigesetzt, wenn Pflanzengewebe verletzt oder zerrissen wird. Sie beinhalten phenolische Substanzen, die durch oxidative Spaltung von Disulfidbrücken Enzyme inaktivieren. Ein Beispiel für die Hemmung solcher „Sulfhydryl-Enzyme“ bildet Allicin im Knoblauch (CUTTER, 2000).

Die antibakterielle Eigenschaft ätherischer Öle von folgenden Gewürzen gilt als gesichert: Anis, Basilikum, Chilli, Dill, Fenchel, Kardamom, Knoblauch, Koriander, Kümmel, Lorbeerblätter, Macis, Majoran, Muskatnuss, Nelken, Oregano, Paprika, Petersilie, Pfeffer, Pfefferminze, Piment, Rosmarin, Salbei, Sellerie, Sellerie, Sternanis, Thymian, Zimt und Zwiebel (NYCHAS & TASSOU, 2000).

### 2.2.1 Hemmung durch Gewürzinhaltsstoffe

---

In seiner bekannten Desinfektionsarbeit untersuchte ROBERT KOCH 1888 die Wirkung einiger ätherischer Öle auf Milzbrandsporen und wies als Effekte von Terpenöl Entwicklungshemmung und nach fünf Tagen Abtötung nach. Weiterhin fand er, dass der Zusatz ätherischer Öle zu Nährböden hemmend auf inokulierte Keime wirken kann (COLLIER & NITTA, 1930).

Phenole aus den ätherischen Ölen kommt die höchste antimikrobielle Aktivität zu, gefolgt von den Aldehyden, Ketonen und Alkoholen (ÖZCAN & ERKMEN, 2001). Einige Gewürze beinhalten die Phenole Anethol, Eugenol und Thymol, die für einen geringen Kontaminationslevel verantwortlich sind (KNEIFEL & BERGER, 1994). Eugenol bildet den Hauptbestandteil von Nelkenöl und ist in etwas geringerer Menge in Piment sowie in noch niedrigerer Konzentration in Zimt enthalten. Thymol findet sich hauptsächlich in Thymian und Oregano, Anethol in Anis, Fenchel und Pfefferminze (KARAPINAR & AKTUĞ, 1987).

Weiterhin sind schwefelhaltige Verbindungen – wie z. B. Senföle – in Zwiebel- und Knoblauchgewächsen sowie Senfkörnern (Allyl-isothiocyanat, SEKIYAMA et al., 1994)

enthalten. Diese Substanzen gelten gleichfalls als antimikrobiell wirksam (WEBER, 1997).

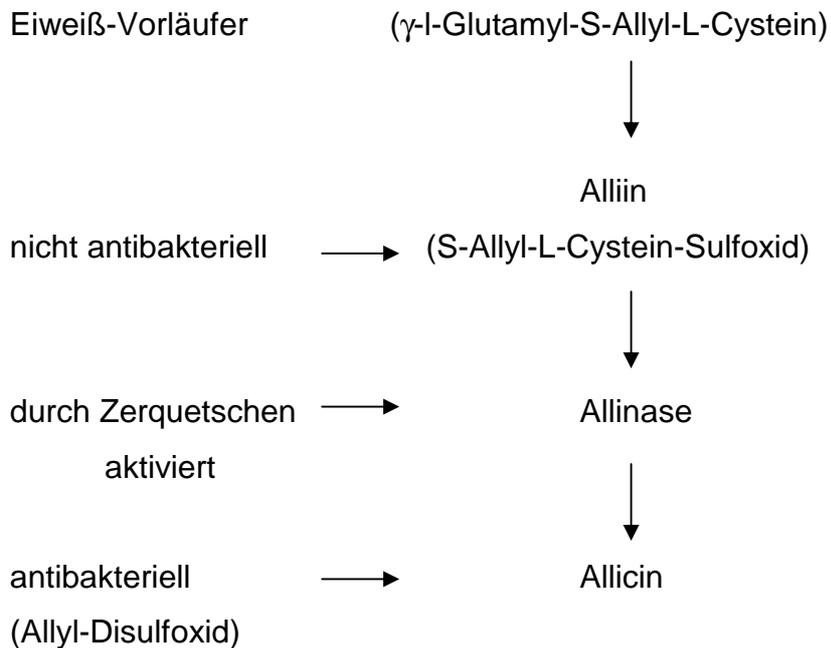
Im Allgemeinen lassen sich die Gewürze hinsichtlich ihrer antimikrobiellen Wirkung grob nach ihrer botanischen Zugehörigkeit einordnen. Zu den Cruciferen (Kreuzblütlern) zählende Gewürze besitzen antibakterielle Effekte, wobei die Träger von schwefelhaltigen ätherischen Ölen, vor allem Senföl, den stärksten Einfluss ausüben. Bei den Labiaten (Lippenblütlern) zeigt sich Majoran antibakteriell gegenüber Staphylokokken und E. coli, Salbei ebenso gegenüber Staphylokokken, während dem Thymian keine Wirkung zukommt. Zimtöl und Nelken erreichen als Vertreter der Myrtaceen die stärkste antimikrobielle Wirkung. Keine Effektivität wurde dagegen für die zu den Umbelliferen gehörenden Gewürze festgestellt (KOUCHKI, 1968).

Für die jeweiligen Gewürze lassen sich die einzelnen antimikrobiellen Hauptbestandteile wie folgt auflisten (HARGREAVES et al., 1975) (vgl. auch 2.2.2).

Cayennepfeffer	Capsaicin (Alkaloid)
Fenchel	Anethol
Knoblauch	Allicin
Koriander	Terpene
Lorbeer	Phenole
Muskatnuss	Phenole und Terpene
Nelken	Eugenolacetat, Eugenolmethyleter (ICMSF, 1994)
Salbei	Phenole (SHELEF et al., 1980)
Rosmarin	Phenole (SHELEF et al., 1980)
Oregano	Thymol, Carvacol (SNYDER, 2000)
Zimt	Zimtaldehyde, Zimtacetat, Eugenol (ICMSF, 1994)

Der Wirkungsmechanismus des Allicin aus Knoblauch wird erst durch Pressen der Knollen in Gang gesetzt (Abb. 2:HARGREAVES et al, 1975).

## Abb. 2: Mechanismus der Allicinproduktion



Allicin hemmt gramnegative und grampositive Organismen.

Die wachstumshemmende Wirkung des Piperins in Pfeffer wird davon beeinflusst, in welcher Form das Gewürz vorliegt, denn in Pfefferextrakt oder gemahlenem Pfeffer wird diese Verbindung so weit reduziert, dass sie sich erst bei stark überhöhter Dosierung bemerkbar macht (SALZER et al., 1977).

Eine andere Eigenschaft von Gewürzen bildet ihre Fähigkeit, antioxidativ zu wirken. Salbei und Oreganoextrakt hemmen die Bildung von konjugierten Dien-Hydroperoxiden und zeigten eine antioxidative Wirkung in Salatdressing (ABDALLA & ROOZEN, 2001). Rosmarin, Salbei, Zimt, Kardamom, Pfeffer (schwarz) und Bohnenkraut gelten ebenfalls als antioxidativ (KOUCHKI, 1968).

### 2.2.2. Gewürzinhaltsstoffe

---

Die folgenden in der zugänglichen Literatur aufgelisteten Inhaltsstoffe, die zum Teil bakteriostatische Wirkung besitzen, sollen einen Überblick über die wichtigsten Bestandteile der verwendeten Gewürze geben (Handbuch der Lebensmittelchemie, 1974; Geheimnisse und Heilkräfte der Pflanzen, 1980; Heilpflanzen in der Veterinärmedizin, o. J.). Dass Würzmittel schon bei unseren Altvorderen erheblich zum Wohlbefinden beigetragen haben, obwohl diese ihre genaue Zusammensetzung

sicherlich nicht kannten, jedoch indirekt die Wirkungsweise der ätherischen Öle zur Linderung und Vorbeugung von Leiden nutzten, zeigen die Verse des „Regimen sanitatis Salerni“ (TESDORPF & TESDORPF-SICKENBERGER, 1915), wie sie im Folgendem bei einigen Gewürzen zitiert werden:

**Anis**  
(Pimpinella anisum)

Von dem Aniß

Klarer du schaust und besser verdaust,  
wofern dem Aniß du vertraust,  
Nimmst du vom besten Aniß, und reichlich Aniß,  
so weißt du, was süß

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (2-3%)
  - Anethol
  - Estragol
- Anisaldehyd
- Anisalkohol
- Terpene
- Phenolester



**Basilikum**  
(Ocimum basilikum)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (1%)
  - Linalool
  - Eugenol
  - Estragol
- Monoterpene
- Phenylpropane



**Beifuß**  
(*Artemisia vulgaris*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (0,03–0,3%)
  - Terpene und -derivate
  - Linalool
  - Kampfer
  - Cineol
- Harz
- Gerbstoffe
- Schleim
- Inulin
- Vitamine A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C



**Bohnenkraut**  
(*Satureja hortensis*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (1–2%)
  - Thymol
  - Carvacrol
  - Borneol
  - Linalool



**Cayenne (Chili)**  
(*Capsicum frutescens*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (< 1%)
- Capsaicinoide
- Carotinoide
- Vitamin C
- verschiedene Zucker



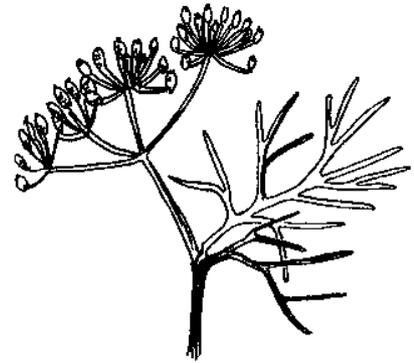
**Curry**

Curry gehört zu den Gewürzmischungen und kann aus bis zu 70 verschiedenen Gewürzen bestehen, u. a. Kurkuma und Safran. In Indien wird die Curry-Zusammensetzung innerhalb der Familie traditionell weitergegeben

**Dill**  
(*Anethum graveolens*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (1,5%)
  - Carvon
  - Limonen
  - Phellandren
- Fettes Öl
- Schleim
- Harz
- Gerbstoff
- Vitamine B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, Karotin



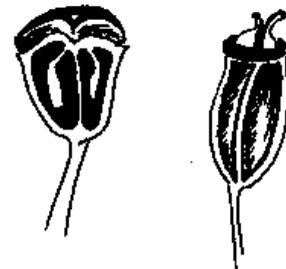
**Fenchel**  
(*Foeniculum vulgare*)

Von dem Fenchelsamen

Samen des Fenchels hurtig dir treibe  
mit Windesgewalt die Luft aus dem Leibe.

Inhaltsstoffe:

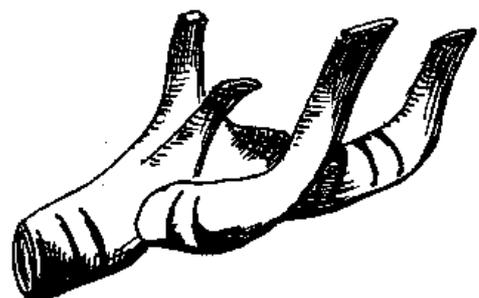
- ätherisches Öl
  - Anethol
  - Fenchon
  - Estragol
- fettes Öl (18%)
- Eiweiße (20%)
- Zucker
- Mineralsalze
- Vitamine A, B, C



**Galgant**  
(*Alpinia galanga*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (1,5%)
  - Lineol
  - Eugenol
  - Kampfer
- Harz
- Stärke
- Gerbstoff
- Fett
- Zucker



**Ingwer**  
(*Zingiber officinale*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (1–3%)
  - Zingiberol
  - Zingiberen
  - Gingerol (Scharfstoffgemisch)
- Stärke
- Zucker
- Fette
- Org. Säuren
- Mineralbestandteile (ca. 5%)



**Kardamom**  
(*Elettaria cardamomun*)

Inhaltsstoffe:

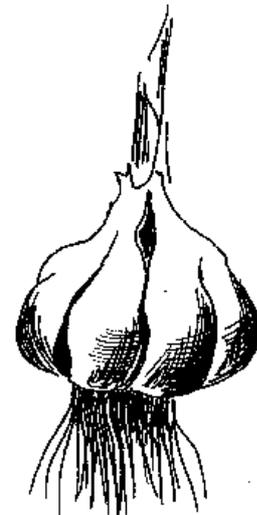
- ätherisches Öl
  - Cineol
  - Limonen
  - Myrcen
- fettes Öl
- Stärke



**Knoblauch**  
(*Allium sativum*)

Inhaltsstoffe:

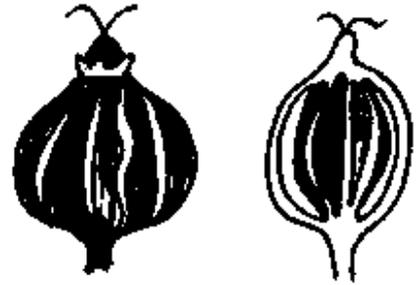
- ätherisches Öl (0,5-1%)
  - Diallyldisulfid (Allicin)
  - Diallyltrisulfid
  - Diallylsulfid
  - Ajoen
- fettes Öl
- Phytosterole
- Vitamine A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C
- Flavonoide
- Saponine
- Polysaccharide
- Jod



**Koriander**  
(*Coriandrum sativum*)

Inhaltsstoffe:

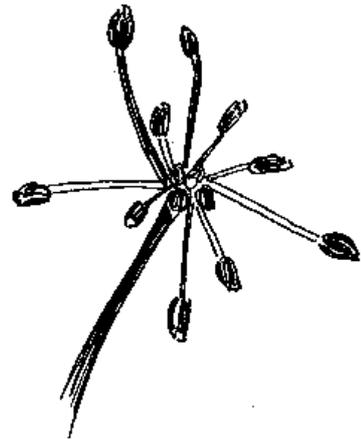
- ätherisches Öl (0,5-1%)
  - Linalool
  - Cymol
  - Pinen
  - Camphen
- Proteine (17%)
- fettes Öl (10-20%)
- Kumarine



**Kümmel**  
(*Carum carvi*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (3-7%)
  - Carvon
  - Limonen
- fettes Öl (15-20%)
- Eiweiße (20%)
- Flavonoide
- Kumarin
- Tannine
- Kohlenhydrate
- Zellulose



**Kurkuma**  
(*Curcuma domestica*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (5%)
  - Ketone
  - Zingiberen
- Harz
- Curcumine (für scharfen Geschmack und gelbe Farbe verantwortlich)
- Stärke



**Lorbeer**  
(Laurus nobilis)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (0,8-3%)
  - Cineol
  - Eugenol
  - Terpene
  - Terpenalkohole
  - Linalool
- fettes Öl
- Bitterstoffe
- Gerbstoffe



**Muskatnuß/ Macis**  
(Myristica fragans )

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (10%)
  - Camphen
  - Limonen
  - Myrcen
  - Linalool
- fettes Öl
- Saponin



**Majoran**  
(Maiorana hortensis)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (0,7-3,5%)
  - Cineol
  - Terpeneol
  - bicyclischer Monoterpenalkohol
- Gerbstoffe



**Nelken**  
(*Syzyium aromaticum*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (25%)
  - Eugenol
  - Caryophyllen
  - Eugenolacetat
  - Triterpene
    - Oleanolsäure
  - Salicylsäuremethylester



**Oregano**  
(*Origanum vulgare*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (4%)
  - Carvacol
  - Thymol
  - Limonen
  - Teroinen
  - Caryophyllen
  - Linalool
  - Terpeneol



**Paprika**  
(*Capsicum annum*)

Inhaltsstoffe:

- Ätherisches Öl (< 1%)
  - Langkettige Kohlenwasserstoffe
  - Fettsäuren und deren Methylester
- Capsacain
  - 0,001-0,005 % (mild)
  - 0,1 % (scharf)
- Karotinoide
- Vitamin C
- verschiedene Zucker



**Petersilie**  
(Petroselinum crispum)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl
  - Myristicin
  - Terpene
  - toxische Polyine
- Photosensibilisierende Furocumarine
  - Bergapten
  - Isoimperatorin



**Pfeffer, schwarz**  
(Piper nigrum)

Von dem Pfeffer

Schwartz, wann der Pfeffer gewesen,  
so war er nicht träge im Lösen,  
Alle Verschleimung dir nahm er,  
stets der Verdauung bekam er.  
Weiß, wann der Pfeffer, so schafft  
dem Magen er Nutz und Krafft,  
stillt den Husten, der wüetet,  
und Fiebers Grauß er verhütet.

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (3%)
  - Monoterpene
  - Terpene
  - Limonen
- Monoterpenderivate
  - Linalool
  - Borneol
- Sesquiterpene
- Phenylpropane
  - Eugenol
- Piperin (scharfe Komponente)
- Piperidin
- fettes Öl
- Stärke



**Pfefferminze**  
(*Mentha piperita*)

Von der Mintze

Trüge, o Mintze, uns nimmer;  
nie träge, treibe du immer  
Würmer des Magens, o Grauß!  
und des Darmes Spulwurm aus!



Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (2,5%)
  - Menthol
  - Menthon
  - Monoterpenabkömmlinge
  - Jasmon
- Tannine
- Flavonoide
- Betain
- Nikotinsäure
- Phenolsäure
- Bitterstoffe

**Piment**  
(*Pimenta dioca*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl
  - Eugenol
  - Cineol
  - Phellandren
- Gerbstoffe
- Alkaloide
- Fette
- Harze
- Stärke
- Kalziumoxalat



**Rosmarin**  
(*Rosmarinus officinalis*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (1-2,5%)
  - Terpene
  - Kampfer
  - Borneol
  - Cineol
- Bitterstoffe
  - Furostanolglycoside



**Salbei**  
(*Salvia officinalis*)

Vom Heilkraute, so man Salbei Benennet

Mensch, warum sterben? Ei, ej!  
da im Garten doch wächst Salbei?  
Gegen den Tod, ach, den harten,  
kein Heilkraut spriesset im Garten!  
Aber die Nerven uns kräftigt Salbei,  
die Hände macht sie vom Zittern frei,  
Treibet mit Macht in die Flucht  
hitzigen Fiebers Sucht.  
Du Salbei; die Lavendula,  
mochus und Lentzes Primula,  
Rainfarn, Brunnenkresse wundersam,  
sie machen Gesund uns die Glieder, die Lahm.  
Du doch, Salbei, die uns Heilung schafft,  
bist alles werdenden Balsamkraft!

Inhaltsstoffe:

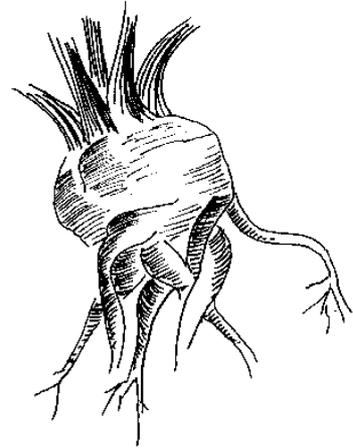
- ätherisches Öl (1-2,5%)
  - Cineol
  - Kampferpinen
  - Zedren
- Katechingerbstoffe
- Flavonoide
- Vitamine B<sub>1</sub>, C, Karotin
- Fumar-, Apfel- und Nikotinsäure



**Sellerisaat**  
(*Apium graveolens*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl
  - Limonen
  - Sesquiterpene
- Cumarin
- stickstoffhaltige Stoffe
- Öliges Harz
- Zucker
- Vitamine B, C



**Senfsaat**  
(*Sinapis alba*)

Von dem Senff

Senffes Korn gar klein ist und zart,  
doch trocken ist es, von hitziger Art,  
Tränen ins Auge dir treibt es,  
den Kopf macht es heller,  
die Gifte vertreibt es.

Inhaltsstoffe:

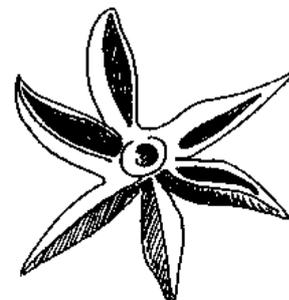
- Eiweiß (28%)
- fettes Öl (35%)
- Sinalbin (2,5%)
  - Thioglycosid-artige Verbindung aus Glucose und P-Hydroxybenzylisothiocyanat
- Schleime



**Sternanis**  
(*Illicium verum* Hooker)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (5-8%)
  - Anethol
  - Phellandren
  - Safrol
  - Terpeneol
  - Cineol(kann zur Unterscheidung von Anis dienen, weil es dem Anis völlig fehlt)



**Sumak**  
(*Rhus coriaria*)

Inhaltsstoffe:

- Fruchtsäuren
- Gerbstoffe (21-28%)
  - Gallussäure
  - Gallotannine
- Flavonoide



**Thymian**  
(*Thymus* spp.)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (0,75-6,5%)
  - Phenole
    - Thymol
    - Carvacrol
  - Monoterpene
    - Cineol
    - Cymen
    - Borneol
- Bitterstoffe
- Harze
- Pigment
- Vitamin C



**Zimt**  
(*Cinnamomum zeylanicum*)

Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (max 4%)
  - Phenylpropane
    - Zimtaldehyd
    - Eugenol
    - Safrol
  - Terpene
- Schleim
- Stärke
- Zucker
- Gerbstoffe (1-3%)
- Calciumoxalat



## Zwiebel (Allium cepa)

### Von den Zwiebeln

Ueber die Zwiebel und ihre Kraft  
gar verschieden dencket die Aerzteschaft.  
Daß den Cholerickern Uebel sie bringe,  
lehret Galen von der Zwiebel,  
Doch den Phlegmatickern thuet er kund,  
Zwiebel sej ihnen besonders gesund,  
labsal dem Magen: es gebe  
herrliche Farbe, es hebe  
Wachsthum des Haars auf dem Kopf  
die geriebene Zwiebel, wo fehle der Schopff;  
Reibe man tüchtig und häufig sie ein,  
so bring sie dem Kopfschmuck neues Gedeih'n

#### Inhaltsstoffe:

- ätherisches Öl (0,01%)
  - Schwefelverbindungen
  - Ethyl- u. Propyldisulfid
  - Vinylsulfid
  - Thiole
- Zucker (10-11%)
  - Fructose
  - Saccharose
  - Maltose
- Vitamine B<sub>1</sub>, C, Karotin
- Aminosäuren
- Pektin
- Inulin



#### 2.2.3 Einwirkung der Gewürze auf verschiedene Bakterienarten

Viele Gewürze sind für ihre antimikrobielle Aktivität gegenüber Bakterien bekannt. Schon in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts ist der inhibitorische Effekt von Knoblauch und Zwiebeln nachgewiesen worden. Durch ihre bakterio- statisch, bakterizid oder antioxidativ wirkenden Inhaltsstoffe besitzen verschiedene Gewürze eine verbesserte Lagerungsfähigkeit und fördern zugleich die Haltbarkeit von Lebensmitteln, denen sie zugesetzt wurden (SHELEF et al., 1980).

Der konservierende Effekt von Gewürzen lässt sich jedoch weder für bestimmte Keime noch konkret für spezielle Gewürze und Kräuter pauschalisieren. In Abhängigkeit von Dosierung, Anbaugebiet, Alter und Lagerungsbedingungen ergeben sich unterschiedliche Interaktionen zwischen Gewürz und Keimart.

Anisöl in Konzentrationen von 100 ppm bewirkt bei *Aspergillus niger* und *A. fumigatus* sowie einigen *Penicillium*arten eine 100 %ige Inaktivierung (FORSTREUTER-KÜNSTLER u. AHLERT, 1984). Hefen, *Vibrio cholerae*, *E. coli* und Staphylokokken werden ebenfalls gehemmt (HARGREAVES et al., 1975). KARAPINAR und AKTUĞ (1987) fanden eine Beeinflussung von *Salmonella Typhi*, *Staphylococcus aureus* und *Vibrio haemolyticus*.

Basilikumöl stoppt die Vermehrung von Streptokokken (1:800), Staphylokokken (1:800) und *B. coli* (1:100) (COLLIER & NITTA, 1930). Getrocknetes Basilikum besitzt einen antimikrobiellen Effekt auf Shigellen (BAGAMBOULA et al., 2003).

Hefen werden von dem ätherischen Öl des Bohnenkrauts am Wachstum gehindert (DEANS & SVOBODA, 1989).

Dillöl hemmt Streptokokken (1:400), Staphylokokken (1:200) und *B. coli* (1:200) (COLLIER & NITTA, 1930).

Fenchel wird von HARGREAVES et al. (1975) als antibakteriell beschrieben. Das Wirkspektrum umfasst *St. aureus*, *S. Typhimurium* (SEYED et al., 1986; KARAPINAR u. AKTUĞ, 1987); *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *En. faecalis* und *B. subtilis* (ÖZCAN & ERKMEN, 2001).

Galgant verhindert das Wachstum von *St. aureus* bis zu einem Verhältnis von 1:100 in Kulturen sowie *B. subtilis*, *Cl. sporogenes*, *Mycobacterium tuberculosis*, *S. Paratyphi*, *Str. pneumoniae*, *E. coli* und *S. Schottmuelleri* (HARGREAVES et al., 1975). Weiterhin stellten COLLIER und NITTA (1930) eine Hemmung von Streptokokken und Staphylokokken durch Galgantöl fest.

Ingweröl erzielt einen Vermehrungsstillstand in 5%iger Konzentration (KOUCHKI, 1968). Untersuchungen von SNYDER (1997) ergaben lediglich eine leichte antimikrobielle Aktivität. CO<sub>2</sub>-Extrakte (0,1%ige Fraktionen) von Ingweröl hemmen *Penicillium crysogenum* (WEBER, 1997). Streptokokken, Laktobazillen, *Achromobacter* (FUCHS, 1958) sowie Vibrionen (COLLIER & NITTA, 1930) werden ebenfalls in ihrem Wachstum negativ beeinflusst.

Kardamomöl ist „voll-wirksam“ gegenüber Streptokokken, Laktobazillen, *Achromobacter* (FUCHS 1958) und es hemmt *E. coli* sowie *St. aureus* (HILI et al., 1997).

Knoblauchpulver behält seine antimikrobielle Aktivität noch nach drei Jahren, wenn es trocken bei Zimmertemperatur gelagert wird (HARGREAVES et al., 1975). Frischgepresster Knoblauchsaft bewirkt die Inaktivierung von *S. Typhi* und *E. coli* (SRIVASTAVA et al., 1982). Diesen Befund bestätigte auch SHELEF (1984), der zusätzlich noch Hemmeffekte auf *St. aureus*, *B. cereus* und *B. subtilis* nachwies. Knoblauch ist ebenfalls wirksam gegenüber *Cl. botulinum*, *L. monocytogenes*, Hefen (ICMSF, 1994) sowie *Candida albicans* (SNYDER, 1997) und in 1%iger Konzentration bei einer Lagerung von über zehn Tagen gegenüber *E. coli* (KOIDIS et al., 2000).

Korianderextrakt hemmt gram-positive und gram-negative Bakterien mit Ausnahme von *Ps. aeruginosa* (HAMMER et al., 1999). Laut SNYDER (1997) besitzt Koriander eine mittlere antimikrobielle Effektivität. In 0,2%iger Konzentration kommt es zur Inaktivierung von Streptokokken (FUCHS, 1958). Die Terpene der ätherischen Öle aus Koriandersamen sind antibakteriell und hemmen *B. subtilis*, *S. Enteritidis*, *St. aureus*, *Ps. aeruginosa*, *Proteus morganii* und *E. coli* (HARGREAVES et al., 1975). Im Agardiffusionstest mit Korianderöl fanden HILI et al. (1997) Wirkungen auf *E. coli*, *St. aureus*, *Ps. aeruginosa* und *C. albicans*. Die MIC für das Gewürzöl liegt für *St. aureus* bei >1200 ppm, für *E. coli* bei 1200 ppm und für *S. Typhimurium* sogar nur bei 650 ppm (SEYED et al., 1986).

Kümmelöl besitzt eine ausgeprägte antimikrobielle Aktivität (SNYDER, 1997) und gehört zu den ätherischen Ölen mit dem höchsten inhibitorischen Effekt (ICMSF, 1994). Es hemmt Staphylokokken, *S. Typhimurium* (HARGREAVES et al., 1975) und *E.*

coli (SEYED et al., 1986). Laut FARAG et al. (1989) ist Kümmelöl wirksam gegen gram-negative Bakterien.

Lorbeer wird eine durchschnittliche Wirksamkeit zugeschrieben (SNYDER, 1997; HAMMER, 1999). Lorbeerblätter hemmen *S. Typhimurium*, *St. aureus* und *V. parahaemolyticus* (KARAPINAR & AKTUĞ, 1987) und beeinflussen das Wachstum von *B. subtilis*, *Mycobacterium smegmatis*, *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *Ps. aeruginosa* und *Candida albicans* (HARGREAVES et al., 1975) sowie die Vermehrung von *Cl. botulinum* (SHELEF, 1984).

Macisöl ist antimikrobiell aktiv gegenüber *Proteus*, Hefen (FUCHS, 1958) und Streptokokken (COLLIER & NITTA, 1930).

Majoran inaktiviert gram-positive und gram-negative Bakterien, mit Ausnahme von *Ps. aeruginosa* (HAMMER et al., 1999). Im Agardiffusionstest werden *E. coli*, *St. aureus*, *Ps. aeruginosa* und *C. albicans* gehemmt (HILI et al., 1997). Erhöhter Sauerstoffpartialdruck intensiviert die antimikrobielle Wirkung und das Gewürz gilt dann als stark bakterizid (HARGREAVES et al., 1975).

Muskatnuss erzielt eine Keimhemmung bei einer Konzentration von 5% (KOUCHKI, 1968) und das Öl wirkt auf Streptokokken, *Proteus* und *Achromobacter* bakterizid (FUCHS, 1958).

Nelkenöl besitzt einen starken antimikrobiellen Effekt schon in geringen Konzentrationen (KOUCHKI, 1968). Wirksam erweist es sich gegen gram-negative Keime (FARAG et al., 1989). Generell fallen der inhibitorische Effekt von Nelken auf Mikroorganismen sehr stark (ZAIKA, 1988) und die antimikrobielle Aktivität hoch aus (SNYDER, 1997). Ein bakteriostatischer Effekt wird nicht nur auf gram-negative Mikroorganismen sondern auch auf Hefen, *Cl. botulinum* und *V. parahaemolyticus* ausgeübt (ICMSF, 1994). Im Agardiffusionstest zeigt Nelkenöl einen inhibitorischen Einfluß auf *E. coli*, *St. aureus*, *Ps. aeruginosa* und *C. albicans* (HILI et al., 1997). 1%iger fraktionierter CO<sub>2</sub>-Extrakt aus Nelken hemmt das Wachstum von Hefen, Schimmelpilzen, *Penicillium*arten und *Candida crusei* (WEBER, 1997). HARGREAVES et al. (1975) beschreiben Nelken ebenfalls als fungistatisch und führen zusätzlich noch

einen Einfluß auf *St. aureus*, *S. Typhimurium*, *B. subtilis* und *Proteus spp.* an. Die Wachstumsretardierung bei *S. Typhimurium* wird von KARAPINAR und AKTUĞ (1987) bestätigt.

Oregano wird eine starke antibakterielle Wirkung (FUCHS, 1958; ICMSF, 1994; HAMMER et al., 1999) sowie ein antioxidativer Effekt (ABDALLA & ROOZEN, 2001) zugeschrieben. SNYDER (1997) setzt jedoch die antimikrobielle Aktivität niedriger an und findet eine mittlere Wirkung auf *Salmonella spp.* und *V. parahaemolyticus*. Aufgrund der Erfahrungen weiterer Autoren verhält sich Oreganoöl effektiv gegenüber *St. aureus*, *E. coli*, *Ps. aeruginosa*, *En. faecalis*, *B. subtilis* und *S. Typhimurium* (ÖZCAN & ERKMEN, 2001), *Cl. botulinum* (ICMSF, 1994) und *V. parahaemolyticus* (SHELEF, 1984; KARAPINAR & AKTUĞ, 1987). Die Arbeit von SAGDIC et al. (2002) bestätigt die Wirkung von Oreganoöl auf *E. coli*.

Paprikaöl erweist sich gegen verschiedene Bacillusarten als antibakteriell (ICMSF, 1994).

Petersilie hemmt laut COLLIER und NITTA (1930) Streptokokken und Staphylokokken.

Pfeffer (schwarz) besitzt einerseits eine leichte antimikrobielle Aktivität (SNYDER, 1997), kann andererseits sogar stimulierend auf das Wachstum von *Streptococcus faecalis* wirken. Wachstumshemmend unter den Pfefferinhaltsstoffen scheint nur das Piperin zu sein (SALZER et al., 1977). Der Wasserextrakt aus Pfefferkörnern wirkt antibakteriell gegenüber *St. aureus* und *E. coli* (HARGREAVES et al., 1975). Der hemmende Effekt von Pfeffer auf das Wachstum von Bakterien beschränkt sich gemäß anderer Angaben im Schrifttum auf folgende Keime: Laktobazillen, *Achromobacter* (FUCHS, 1958); Mikrokokken, Streptokokken, *E. coli* (SALZER et al., 1977); *Cl. botulinum* (SHELEF, 1984).

Pfefferminzöl wirkt in einer Verdünnung von 1:33.000 bereits keimhemmend (FUCHS, 1958; ABDALLA & ROOZEN, 2001). Im Agardiffusionstest ist es effektiv gegenüber *E. coli*, *St. aureus*, *Ps. aeruginosa* und *C. albicans* (HILI et al., 1997). Das Öl inaktiviert gram-positive und gram-negative Bakterien mit Ausnahme von *Ps. aeruginosa* (HAMMER et al., 1999). Pfefferminzextrakt wird von AKTUĞ und KARAPINAR (1986,

1987) als wirksam gegenüber *St. aureus*, *V. parahaemolyticus* und *S. Typhimurium* beschrieben.

Piment besitzt eine mittlere bakteriostatische Effektivität (SNYDER, 1997) und sein Öl erweist sich als antifugal bzw. antibakteriell gegenüber *E. coli*, *B. subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Ps. aeruginosa* (HARGREAVES et al., 1975), Streptokokken (FUCHS, 1958), Hefen, *Acetobacter*, *Cl. botulinum* (ICMSF, 1994) sowie auch gegen Staphylokokken (COLLIER & NITTA, 1930). Piment in seiner natürlichen Form zeigt sich bakterizid gegenüber *S. Typhimurium*, *Vibrio parahaemolyticus* und *St. aureus* (KARAPINAR & AKTUĞ, 1987).

Rosmarin besitzt eine geringe Wirkungsbreite (FUCHS, 1958). Hauptsächlich ist es aktiv gegenüber gram-positiven Mikroorganismen, u.a. *St. aureus* und *Listeria monocytogenes* (DEL CAMPO et al., 2000) und zugleich findet sich eine antioxidative Komponente (STIEGLER, 2001). Im Agardiffusionstest zeigt Rosmarinöl eine hemmende Wirkung gegenüber *St. aureus*, *Ps. aeruginosa* und *C. albicans* (HILI et al., 1997). Das Öl ist außerdem wirksam bei *B. cereus*, *V. parahaemolyticus* (SHELEF, 1984; SNYDER, 1997), *Klebsiella aerogenas*, *V. cholerae*, *E. coli* und *S. Typhimurium* (BAXTER & HOLZAPFEL, 1982).

Salbei hemmt gram-positive und gram-negative Bakterien außer *Ps. aeruginosa* (HAMMER et al., 1999). Im Gegensatz zum ganzen Kraut ist Salbeiöl jedoch im Agardiffusionstest wirksam auch gegenüber *Ps. aeruginosa* sowie weiterhin gegen *E. coli*, *St. aureus* und *C. albicans* (HILI et al., 1997). SNYDER (1997) schreibt dem Salbei eine mittlere antibakterielle Aktivität gegenüber *B. cereus*, *St. aureus* und *V. parahaemolyticus* zu. *S. Typhimurium* soll ebenfalls an der Vermehrung gehindert werden (KARAPINAR & AKTUĞ, 1987).

Das Öl der Senfsaat besitzt eine keimhemmende Wirkung (FUCHS, 1958; ABDALLA & ROOZEN, 2001) und wirkt bakteriostatisch gegenüber *E. coli*, *S. Typhimurium* und *St. aureus* sowie bakterizid gegenüber *V. parahaemolyticus*. SNYDER (1997) bezeichnet die Senfsaat als stark antimikrobiell. Bereits in einer Konzentration von 5% tritt eine keimhemmende Wirkung ein (KOUCHKI, 1968). Hefen, *Acetobacter* und *L. monocytogenes* verhalten sich gegenüber Senfsaat sehr empfindlich (ICMSF, 1994).

Sternanisöl erweist sich als antibakteriell gegenüber Staphylokokken (COLLIER & NITTA, 1930).

Thymian besitzt eine mittlere (SNYDER, 1997) bis starke antimikrobielle Aktivität (FUCHS, 1958). Im Diffusionstest lässt sich eine Wirksamkeit von Thymianöl gegen *St. aureus*, *Ps. aeruginosa*, *C. albicans* und *E. coli* (HILI et al., 1997) sowie generell gegen gram-negative Keime nachweisen (FARAG et al., 1989). In einer Verdünnung von 1000 ppm bewirkt Thymianöl bei *E. coli* eine Vermehrungshemmung (UPMANN et al., 2000). Folgende Keime werden ebenfalls vom Kräuteröl in der Vermehrung gehindert: *E. faecalis*, *B. subtilis*, *S. Typhimurium* (ÖZCAN & ERKMEN, 2001). Thymian als Kraut ist wirksam gegenüber *St. aureus*, *V. parahaemolyticus* und *S. Typhimurium* (AKTUĞ & KARAPINAR, 1986). Bei *Aspergillus parasiticus* sowie *A. flavus* erweist sich Thymian ebenfalls als wachstumshemmend (SHELEF, 1984; ICMSF, 1994).

Zimtöl besitzt eine starke antibakterielle Wirkung (FUCHS, 1958; KOUCHKI, 1968; SNYDER, 1997) und hemmt in 1%iger Konzentration nach zehn Tagen noch *E. coli* (KOIDIS et al., 2001). Im Diffusionstest wirkt es auf *E. coli*, *St. aureus*, *Ps. aeruginosa* und *C. albicans* (HILI et al., 1997). Ein CO<sub>2</sub>-Extrakt (0,1%ige Fraktion) aus Zimt ist bakteriostatisch gegenüber *E. coli*, *Lactobacillus plantarum*, *Str. epidermidis*, *B. subtilis*, *C. crusei*, *Penicillium crysogenum*, Hefen und Schimmelpilze (WEBER, 1997). Das Öl hemmt ebenfalls *St. aureus* und *Proteus morgani* (HARGREAVES et al., 1975). Zimtpulver bewirkt sowohl eine Vermehrungshemmung bei *S. Typhimurium*, *St. aureus* und *V. parahaemolyticus* (KARAPINAR & AKTUĞ, 1987) sowie Hefen und *Acetobacter* (ICMSF, 1994) als auch bei *Aspergillus parasiticus* (SHELEF, 1984).

Zwiebel besitzt bereits in einer Konzentration von 2% eine mittlere Toxizität (KOIDIS et al., 2000) und ist antibakteriell wirksam (ICMSF, 1994) sowie bakteriostatisch gegenüber *B. subtilis*, *E. coli*, *S. Schottmuelleri*, *Ps. aeruginosa*, *Pr. vulgaris* und *St. aureus*. Dehydrierte Zwiebeln hemmen in einer Konzentration von 1-5% das Wachstum von *S. Typhimurium* (HARGREAVES et al., 1975). Zwiebelsaft erweist sich desweiteren effektiv gegenüber Streptokokken (KOUCHKI, 1968). *Aspergillus flavus*

und *A. parasiticus* werden von Zwiebelpulver am Wachstum gehindert (SHELEF, 1984).

#### 2.2.4 Beeinflussung der Vermehrung von Salmonellen durch Gewürze

Salmonellen können in ihrem Wachstum durch Gewürzinhaltsstoffe gehindert oder sogar vollständig gehemmt werden. Das Ausmaß des Effektes hängt unter anderem von dem Salmonellenstamm, sowie dem verwendeten Gewürz und seiner Konzentration ab. Diese Interaktion wird definitiv für Knoblauch, Zwiebeln und Zimt von FREY (1999) beschrieben. Eine bakterizide Aktivität beobachteten KRISHNASWAMY et al. (1975), als sie *Salmonella Typhimurium* in Zwiebel- und Knoblauchpulver inokulierten. 5% Knoblauch und 5% Zwiebeln in Hackfleisch hemmen weitgehend das Salmonellenwachstum bei einer Lagertemperatur von 15 – 25°C (EL KHATEIB et al., 1985). 3% Knoblauchpulver ohne Lebensmittel als Medium erweist sich dagegen als wirkungslos, 4% als bakteriostatisch und 5% erreichen eine Verringerung von 1 log/4d bei einer Bebrütung von 25°C (EL KHATEIB & EL-RAHMAN, 1987). Knoblauch hemmt *Salmonella Typhimurium* (SNYDER, 1997; SHELEF, 1984). Allerdings wird diesem Serotyp in der Literatur höhere Resistenz gegenüber Gewürzen als *Staphylococcus aureus* oder *Vibrio parahaemolyticus* zugeschrieben (AKTUĞ & KARAPINAR, 1986).

Eugenol und Menthol, Hauptbestandteile einiger Gewürze, erweisen sich gegenüber *S. Typhimurium* als stark antibakteriell (KARAPINAR & AKTUĞ 1987).

Nelken bewirken eine totale Hemmung von *Salmonella Mbandaka* bei einem Voranreicherungsverhältnis von 1:10. PAFUMI (1986) empfiehlt deshalb bei Oregano, Zimt, Piment, Nelken und Senfsamen eine Voranreicherungsverdünnung von 1:1000. Ähnliche Erfahrungen finden sich für Piment, Zwiebel und Oregano in einer Arbeit von JULSETH & DEIBEL (1974), weshalb die Autoren bei Zimt und Oregano eine Voranreicherungsverdünnung von 1:200 vorschlagen.

Die Öle von Kümmel, Koriander und Fenchel hemmen *S. Typhimurium* bei einer Konzentration von (SEYED et al., 1986):

Kümmelöl	400 ppm
Korianderöl	650 ppm
Fenchel	450 ppm .

Galgantöl inaktiviert *S. Paratyphi* in einer Konzentration von 0,6 mg/ml und *S. Schottmuelleri* in einer Konzentration von 0,8 mg/ml (HARGREAVES et al., 1975).

Pfefferextrakt in einer Konzentration von 1,5ml/ 100g Hackfleisch hemmt *S. Typhimurium* (CAREAGA et al., 2003).

Bemerkenswert ist auch die Arbeit von FUCHS (1958), dieser fand chinesisches Tee hochwirksam gegen Salmonellen.