

Verbraucherakzeptanz entscheidet über Entkeimungsverfahren

Auswahl, Auslegung, Alternativen von KZE- und Pasteurisieranlagen

Der Markt fordert heute sehr lange biologische Haltbarkeiten. Um das mikrobiologische Wachstum zu beschränken, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Ein universelles Entkeimungs-Verfahren für alle Produkte ist aus wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll. Einige Verfahren leiden unter mangelnder Kundenakzeptanz. Die Wärmebehandlung ist in den meisten Fällen der wirtschaftlich sinnvollste Kompromiß. Heutige Pasteurisier-Anlagen nutzen die technischen Möglichkeiten meist nicht aus und werden häufig auch nicht optimal betrieben.

Als Louis Pasteur feststellte, daß der Verderb von Getränken durch mikroskopisch kleine Lebewesen verursacht wurde, versuchte er diese Mikroorganismen zu inaktivieren. Die einfachste Möglichkeit stellte für ihn das Erwärmen der gefüllten Flaschen auf Temperaturen um 70 °C dar. Seine damals gewonnenen Erkenntnisse bilden noch heute die Grundlage für die thermische Behandlung von Getränken. Heute gibt es natürlich noch andere Möglichkeiten, das mikrobiologische Wachstum zu beschränken oder zu unterbinden.

Die Entkeimungsfiltration sollte nur bei klaren Getränken angewendet werden.

Bei der Entkeimung von Wasser und Sole ist dieses Verfahren weit verbreitet. Die Akzeptanz durch den Verbraucher ist extrem hoch. Es ist das einzige Verfahren, bei dem keine „Leichen“ im Getränk verbleiben, so daß es auch von Esoterikern im allgemeinen akzeptiert wird. Die Filtrationskosten jedoch können beträchtlich sein.

Mit modernen Separatoren kann der Keimgehalt einer Flüssigkeit deutlich reduziert werden. Ein sehr wirkungsvolles und produktschonendes Verfahren der Entkeimung ist das Behandeln mit γ -Strahlen. Als Energiestrahler schließt der γ -Strahler eine Übertragung von Radioaktivität auf das

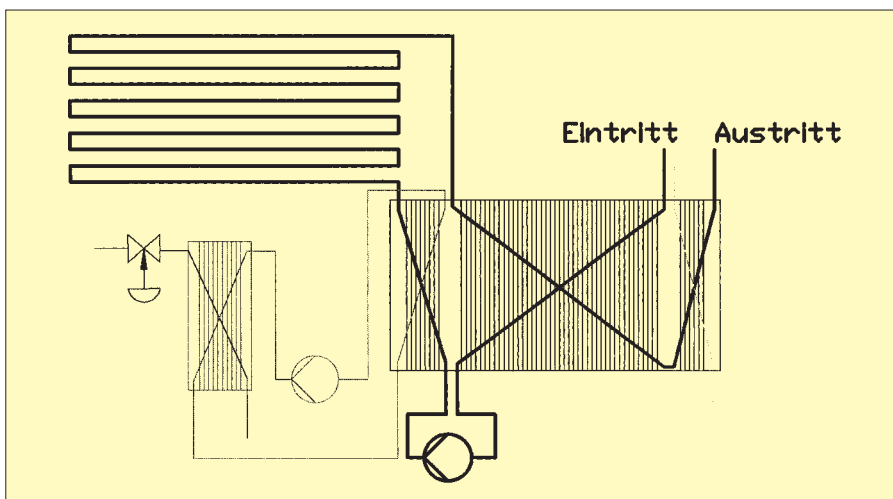
Produkt aus. γ -Strahlen werden sehr erfolgreich zum Beispiel bei der Sterilisation von chirurgischen Einmalinstrumenten verwendet. In Europa sind im Bereich der Lebens- und Genussmittel γ -Strahlen nur für die Entkeimung von Gewürzen erlaubt, da es kein anderes, ähnlich wirksames, technisch anwendbares Verfahren gibt, das die wertvollen Bestandteile nicht schädigt. Die Akzeptanz der Verbraucher für die Entkeimung mit γ -Strahlen ist sicherlich äußerst gering.

UV-Strahlen werden zur Wasserentkeimung eingesetzt. UV-Strahler funktionieren am besten bei vollkommen sauberem, reinem Wasser. Ihr Wirkungsspektrum ist besonders effektiv bei Keimen, die üblicherweise im Getränkewasser nicht vorkommen oder hier nicht wachsen können.

Natürliche Bestandteile als Desinfektionsmittel

Bestandteile des Getränkes, die eine desinfizierende oder konservierende Wirkung haben, müssen nicht unbedingt Desinfektions- oder Konservierungsmittel im eigentlichen Sinne sein, sondern sie können als natürliche Bestandteile des Getränks gebräuchlich und allgemein akzeptiert sein. Der häufigste Bestandteil von Erfrischungsgetränken ist Kohlendioxid, das den pH-Wert absenkt und alleine dadurch zahlreiche Keime am Wachstum hindert. Aerobe Keime können in einem CO₂-haltigem Milieu kaum wachsen. Neben CO₂ senken auch die üblicherweise in Erfrischungsgetränken vorhandenen Säuren den pH-Wert. Zucker, Salz und Rauch wurden bei vielen Lebensmitteln zur Konservierung eingeführt.

Deklarationspflichtige Konservierungsmittel werden von vielen Konsumenten negativ gesehen, so daß die Hersteller bevorzugt Produkte ohne deklarationspflichtige Konservierungsmittel vermarkten. In Getränken zum Einsatz kommende Desinfektionsmittel zerfallen sehr schnell nach dem Zusatz zum



Üblicher Aufbau einer Kurzzeiterhitzung: Plattenapparat mit drei Abteilungen, Röhrenheizhalter, Sekundärkreislauf dampfbeheizt.

Produkt. Die üblicherweise eingesetzten Desinfektions- und Konservierungsmittel wirken spezifisch auf bestimmte Gruppen von Mikroorganismen.

Thermische Verfahren

Das heute gebräuchlichste Verfahren, um eine vorhersehbare, reproduzierbare Inaktivierung von Keimen zu erreichen, ist die thermische Behandlung. Hier werden zwei Verfahren unterschieden: die thermische Behandlung des Getränkes im fertig abgefüllten Behälter und die thermische Behandlung eines Getränkes oder Bestandteile des Getränkes im Durchflußverfahren. Letzteres Verfahren wird auch als Kurzzeiterhitzung (KZE), Hochkurzzeiterhitzung (HKZE oder insbesondere in den neuen Bundesländern auch HKE), UHT (ultra hohe Temperatur insbesondere im Molkereibereich) oder aber auch als Durchlauf-Pasteur bezeichnet.

Je nach Anwendung betragen die Behandlungstemperaturen etwa 70 °C bis über 120 °C. Man könnte versuchen, die obigen Bezeichnungen bestimmten Anwendungen oder Temperaturbereichen zuzuordnen. In der Praxis werden

die nicht näher bezeichneten Abkürzungen jedoch mehr oder weniger wahllos benutzt.

Eine thermische Behandlung (Pasteurisierung) der fertig abgefüllten Getränkepackung ist – richtig angewandt – eine sehr sichere Methode. Um den Kernbereich in der Packung jedoch ausreichend zu erwärmen, erfahren die äußeren Schichten eine deutlich höhere Pasteurisierung als erforderlich. Bei empfindlichen Produkten kann das die Qualität des Produktes mindern. Die Investitions- und Betriebskosten solcher Pasteure, die entweder als Tunnel- oder für kleinere Leistungen als Kammerpasteure ausgeführt werden, sind erheblich.

Wenn das Getränk oder ein Teil davon im Durchlauf pasteurisiert wird, sollte das Getränk entweder robust genug sein, kleinere Keimgehalte selbst unterdrücken zu können oder die weitere Behandlung sollte unter aseptischen Bedingungen erfolgen. Aseptische Abfüllanlagen sind seit einigen Jahren auf dem Markt und werden vornehmlich für Kunststoffverpackungen eingesetzt, die eine thermische Behandlung nicht schadlos überstehen würden.

Bei den Anlagen für die klassischen Produkte und Abfüllanlagen kann entweder nur der Einfachsirup, der Fertigsirup, das Fertiggetränk ohne CO₂ oder das Fertiggetränk mit CO₂ pasteurisiert werden. Zum Einsatz kommen fast ausschließlich Plattenapparate mit drei Abteilungen (Abb.1). Falls nicht das Fertiggetränk mit CO₂ pasteurisiert wird, muß sichergestellt werden, daß auch alle anderen Bestandteile des Getränkes so behandelt werden, daß ein mikrobiologisches Wachstum im fertig abgefüllten Getränk, bis zum Erreichen des Mindesthaltbarkeitsdatums, nicht zum Verderb des Getränkes führen kann.

Am einfachsten ist dies beim Fertiggetränk ohne CO₂ zu erreichen, da der Bau einer entsprechenden Karbonisierung technisch relativ einfach zu realisieren ist. Eine solche Anlage kann mit wesentlich geringerem Druck betrieben werden, was die Investitions- und Betriebskosten reduziert. Insbesondere wenn sehr hoch karbonisierte Getränke pasteurisiert werden sollen, kann der apparative Aufwand sonst überproportional ansteigen. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil insbesondere für

Länder mit hohen Wassertemperaturen ist die Möglichkeit die Austrittstemperatur niedriger als die Eintrittstemperatur zu wählen, so daß nicht nur bei der Abfüllung sondern auch beim Karbonisieren mit geringerem Druck gearbeitet werden kann.

Wirtschaftlichkeit

Häufig wird die Frage gestellt, ob es wirtschaftlich sinnvoll ist, Fertigsirup statt unkarbonisiertes Fertiggetränk zu pasteurisieren, da man im andern Falle ja eine Menge Wasser pasteurisieren würde. Wie so häufig hängt die Antwort von den Betriebsbedingungen ab und läßt sich nicht mit Ja oder Nein beantworten. Die Kosten der Pasteurisierung setzen sich im wesentlichen aus drei Bereichen zusammen:

- Investitionskosten bzw. Abschreibung
- Betriebskosten (Energie, Wartung etc.)

- Kosten beim Produktwechsel und Anfahren der Anlage (insbesondere Produktverluste).

Da die physikalischen Eigenschaften des Sirups sich von denen des unkarbonisierten Getränks deutlich unterscheiden, wird man feststellen, daß die benötigte Wärmeübertragungsfläche und das Füllvolumen des Plattenapparates nicht im selben Verhältnis unterschiedlich sind, wie es der Volumen- oder Massenstrom vermuten ließe. Da der Sirupapparat im direkten Verhältnis zum Apparat für Getränk spezifisch größer ist, bedeutet dies, daß sich mehr Zucker und Grundstoff im Apparat befinden als beim Getränkeapparat. Beim Produktwechsel gehen dementsprechend mehr Zucker und Grundstoff durch eine wirtschaftlich nicht verwertbare Mischphase verloren. Ebenso steigen die Produktverluste beim Produktwechsel an, wenn ein höherer Wärmerückgewinn gewählt wird. Der ver-

meintliche Vorteil macht sich auch hier erst nach einer bestimmten ununterbrochenen Produktionsdauer ohne Produktwechsel bemerkbar.

Falls ein empfindliches Produkt auf einer aseptischen Abfüllanlage abgefüllt werden soll, könnte prinzipiell eine konventionelle Kurzzeiterhitzungsanlage eingesetzt werden. Häufig wird man jedoch eine höhere Behandlungstemperatur und kürzere Heißhaltezeit fordern. Ob diese Forderung Sinn macht, soll an dieser Stelle nicht erörtert werden.

Die übliche Installation mit Sekundärkreislauf reagiert träge auf Volumenstromänderungen. Um die Unzulänglichkeiten dieser Konstruktion auszugleichen ist eine relativ lange Heißhaltezeit von 30 Sekunden sinnvoll. Bei höheren Temperaturen findet ein Großteil der wirksamen thermischen Entkeimung innerhalb der Wärmeübertrager statt. Die notwendige Berechnung der thermischen Last gestaltet sich wesentlich aufwendiger, als dies bei Temperaturen um 70 °C herum üblich ist, sofern man nicht sehr einfache Algorithmen anwendet und eine unkontrollierte Überpasteurisierung akzeptiert.

Kurzzeiterhitzungs-Anlagen

Die Heizhaltezeit bei Kurzzeiterhitzungs-Anlagen berücksichtigt häufig nicht den wahren Rohrdurchmesser und nicht die zuführenden und abführenden Rohrleitungen. Die mikrobiologische Wirkung der Wärmebehandlung wird nach Louis Pasteur wie folgt berechnet: PE = Zeit * 1,393^(t-60) oder umgestellt nach der Pasteurisationstemperatur

$$\log \frac{PE}{Zeit} + 60 = \text{Pasteurisationstemperatur}$$

Die mittlere Temperaturdifferenz in einem Gegenstromwärmeübertrager läßt sich nicht durch das arithmetische Mittel bestimmen, sondern die mittlere logarithmische Temperaturdifferenz errechnet sich nach folgender Formel:

$$\frac{\Delta T_{\text{groß}} - \Delta T_{\text{klein}}}{\ln \frac{\Delta T_{\text{groß}}}{\Delta T_{\text{klein}}}} = \Delta T_{\text{mittl}} \quad \ln$$

Beispiel: Medium 1 Eintritt 1 °C, Austritt 10 °C
 Medium 2 Eintritt 20 °C, Austritt 5 °C
 Unterschied Eintritt 1 (1 °C) zu Austritt 2 (5 °C) ist 4°C oder 4 K
 Unterschied Austritt 1 (10 °C) zu Eintritt 2 (20 °C) ist 10°C oder 10 K
 somit ist das kleine $\Delta T = 4 \text{ K}$ und das große $\Delta T = 10 \text{ K}$
 Das korrekte Ergebnis dieses Beispiels ist: 6,55 K

Der k-Wert wird heute meist in $\frac{\text{Watt}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$ angegeben.

Es kann sinnvoll sein, die k-Werte von installierten Anlagen nachzurechnen, um zu überprüfen, ob die Strömungsverhältnisse wie geplant vorliegen. Bsp. wie oben, Volumenstrom Medium 2 ist gleich 2000 kg/h Wasser, die installierte Fläche beträgt zwei m². Die spezifische Wärmekapazität des Wassers ist 4,1868 kJ/kgK.

Daraus folgt: $2000 \cdot 4,1868 \cdot 15 \cdot 1000 / 3600 / 2 / 6,55 = 2663 \text{ W/m}^2\text{K}$ [J/(s*m²*K)]

$$\frac{\text{kg} \cdot \text{kJ} \cdot \text{K} \cdot \text{h} \cdot \text{J}}{\text{h} \cdot \text{kg} \cdot \text{K} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{kJ}}$$

Produktschonendes Verfahren

Für unkarbonisierte Getränke kann hier eine Technik eingesetzt werden, wie sie für ESL Milch (extended shelf life Milch „die Längerfrische“) im Einsatz ist. Zur Erhitzung auf Pasteurisationstemperatur wird das Produkt in einen mit Dampf vorgespannten Tank gesprüht. Das Produkt nimmt sehr schnell die Temperatur des Dampfes an, der im Produkt kondensiert, kurz darauf wird das Produkt in einen Tank gesprüht, der sich in einem definierten Unterdruck befindet, hierdurch verdampft im wesentlichen die Menge, die vorher kondensiert ist und es stellt sich wieder eine Temperatur ein, mit der das Produkt in die Regenerationsabteilung geleitet werden kann. Dies ist das derzeit produktschonendste Verfahren, da die Erhitzung und Abkühlung nicht nur extrem präzise, sondern auch äußerst schnell durchgeführt werden kann.

Wenn man das Erhitzerpaket durch einen Rohrbündel-Wärmeübertrager ersetzt und diesen Wärmeübertrager direkt mit Dampf beheizt, kann man die maximale Behandlungstemperatur unter Senkung der Grenzflächentemperatur sehr genau gegenüber Warmwasser, kann auch die Erhitzungsgeschwindigkeit bei verminderter thermischer Belastung erhöht werden. Die Unterschiede fallen jedoch nicht so dramatisch aus wie beim Verfahren für ESL Milch.

Raimund Kalinowski