

<https://doi.org/10.17590/20220329-142747>

Empfehlungen zur hygienischen Zubereitung pulverförmiger Säuglingsnahrung

Aktualisierte Stellungnahme Nr. 009/2022 des BfR vom 29. März 2022

Die hygienischen Anforderungen an Säuglingsnahrung sind sehr hoch. Entsprechend selten treten Infektionen mit krankmachenden Keimen auf. Dennoch können einzelne Keimarten den Herstellungsprozess für pulverförmige Nahrung überleben und sich dann in der zubereiteten Nahrung vermehren. Zudem können Keime bei der Zubereitung über Löffel, Sauger oder Trinkfläschchen in die Nahrung gelangen.

Vor diesem Hintergrund empfiehlt das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), pulverförmige Säuglingsnahrung erst kurz vor dem Verzehr zuzubereiten. Für Säuglinge in den ersten Lebensmonaten sollte möglichst abgekochtes Wasser zur Zubereitung der Nahrung verwendet werden. Zum Anschütteln des Pulvers sind Wassertemperaturen von ungefähr 20 °C bis zu 50 °C (Grad Celsius) für reif geborene, gesunde Säuglinge ausreichend. Lange Standzeiten der zubereiteten Nahrung von mehr als zwei Stunden bis zum Verzehr oder beim Abkühlen und Wiederaufwärmen bei Temperaturen über 5 °C sollten unbedingt vermieden und die Reste entsorgt werden. Um das Risiko für einen Eintrag von Keimen bei der Zubereitung der Nahrung zu reduzieren, sollten die verwendeten Utensilien mit heißem Wasser und Spülmittel gründlich gereinigt werden. Insbesondere für die Zubereitung von Nahrung für Säuglinge in den ersten Lebensmonaten ist zusätzlich eine Sterilisierung der Utensilien durch Abkochen geboten.

Diese Empfehlungen gelten für die Zubereitung von pulverförmiger Säuglingsanfangsnahrung für reif geborene, gesunde Säuglinge in Privathaushalten, Betreuungseinrichtungen und Kliniken. In Kliniken sollten nach Auffassung des BfR für die Herstellung von Säuglingsnahrung möglichst Milchküchen eingerichtet werden, in denen umfassende hygienische Anforderungen berücksichtigt werden können. Dies gilt in besonderem Maß für die Nahrungszubereitung für frühgeborene und immungeschwächte Säuglinge. Darüber hinaus kann es die gesundheitliche Situation erfordern, dass für diese Säuglinge eine individuell angepasste Ernährungsempfehlung aus ärztlicher Sicht getroffen wird.

Die folgende aktualisierte Bewertung bezieht sich auf eine Verunreinigung von Säuglingsanfangsnahrung und Spezialnahrung für Frühgeborene mit *Cronobacter* spp.. Infektionen mit *Cronobacter* spp. sind zwar sehr selten, können aber schwerwiegende gesundheitliche Folgen wie etwa eine Hirnhautentzündung verursachen. Gefährdet sind insbesondere Säuglinge mit einem Geburtsgewicht unter 2.500 g (Gramm) und immungeschwächte Säuglinge, weil deren körpereigene Abwehr keinen ausreichenden Infektionsschutz bietet. Die Empfehlungen, die sich aus der Risikobewertung ergeben, gelten nicht nur für die Vermeidung von Infektionen mit *Cronobacter*, sondern können auch vor Infektionen mit anderen Keimen schützen.

1 Gegenstand der Bewertung

Pulverförmige Säuglingsnahrung wird prinzipiell nach hohen Hygienegrundsätzen hergestellt, ist aber nicht steril. Mikroorganismen können in geringer Zahl im Pulver vorhanden sein. In der pulverförmigen Nahrung können sich Bakterien nicht vermehren, einige sind dort aber lange überlebensfähig. Potenziell krankheitserregende (pathogene) Bakterien können außer-

dem nachträglich, z. B. durch keimbelastete Zubereitungsutensilien, in die Nahrung gelangen. In der fertig zubereiteten Nahrung können sich Bakterien bei unzureichender Kühlung schnell vermehren.

Eine Expertengruppe der WHO/FAO (World Health Organization / Food and Agriculture Organization of the United Nations) hat *Salmonella* und *Cronobacter* spp. als wichtigste Verursacher neonataler Infektionen, die durch den Verzehr von Säuglingsnahrung ausgelöst werden können, identifiziert (FAO und WHO, 2004). Durch Säuglingsnahrung übertragene Infektionen mit *Cronobacter* spp. sind sehr selten und betreffen vor allem Säuglinge mit einem Geburtsgewicht unter 2.500 g und immunologisch schwache Säuglinge. Diese seltenen Infektionen können schwerwiegende gesundheitliche Schäden verursachen.

Das BfR hat seine Stellungnahme zur hygienischen Zubereitung von pulverförmiger Säuglingsnahrung aus dem Jahr 2012 an die neuesten wissenschaftlichen Daten angepasst. Zusätzlich wurde die Kommission für Biologische Gefahren und Hygiene des BfR bei der Überarbeitung beratend hinzugezogen. In dieser Stellungnahme wird unter Säuglingsnahrung sowohl Säuglingsanfangsnahrung, welche für Säuglinge während der ersten Lebensmonate bestimmt ist, als auch Spezialnahrung für Frühgeborene verstanden.

Der Fokus der Aktualisierung wurde auf den sofortigen Verzehr gelegt, da sich gezeigt hat, dass die Lagerung der Nahrung der kritischste Punkt für die Hygiene ist. Auf den Packungen der meisten Hersteller wird daher der sofortige Verzehr der Säuglingsnahrung empfohlen. Eine Lagerung im Kühlschrank unter 5°C wird nur noch für den professionellen Säuglingspflegebereich, z. B. im Krankenhaus, für bis zu maximal 24 Stunden in Betracht gezogen.

2 Ergebnis

Um das gesundheitliche Risiko von Infektionen mit *Cronobacter*, aber auch Salmonellen und anderen Erregern durch den Verzehr von Säuglingsnahrung zu minimieren, ist eine hygienische Zubereitung und Behandlung der Nahrung entscheidend. Besonders wichtig ist dabei die Reinigung und Hitzebehandlung aller Gerätschaften mit heißem Wasser, das frische Zubereiten der Nahrung, ein sofortiger Verzehr und das Verwerfen von Nahrungsresten. Bei der Zubereitung unter besonders strikten Hygienebedingungen, z. B. in professionellen Pflegebereichen, kann die Nahrung bei sofortiger Kühlung bei unter 5 °C bis zum Verbrauch für maximal 24 Stunden aufbewahrt werden.

Das BfR empfiehlt, als Ausgangsbasis für die Zubereitung der Trockennahrung abgekochtes Trinkwasser zu verwenden. Beim eigentlichen Anschütteln des Pulvers sind die Temperaturvorgaben des Herstellers zu beachten. Wassertemperaturen von ungefähr 20°C bis 50 °C zum Anschütteln der pulverförmigen Säuglingsnahrung für reif geborene, gesunde Säuglinge hält das BfR für ausreichend. Lange Standzeiten (mehr als zwei Stunden) der zubereiteten Nahrung bei Temperaturen über 5 °C bis zum Verfüttern bzw. beim Abkühlen und Wiederaufwärmen von vorbereiteter Nahrung sind zu vermeiden.

Bei Säuglingen mit einem Geburtsgewicht von weniger als 2.500 g und immunologisch schwachen Säuglingen ist oft der Einsatz durch die behandelnden Ärztinnen und Ärzte individuell abgestimmter Säuglingsnahrung zur optimalen Versorgung nötig. Bei der Verwendung von Pulvernahrung muss hier im Einzelfall abgewogen werden, ob höhere Wassertemperaturen beim Lösen des Pulvers zur Keimreduktion notwendig und im Hinblick auf Verluste von Inhaltsstoffen durch Hitze akzeptabel sind. Wenn es die ärztliche Einschätzung zulässt, kann durch den Einsatz steriler Flüssignahrung das hygienische Risiko minimiert werden.

3 Begründung

3.1 Risikobewertung

3.1.1 Mögliche Gefahrenquelle

Säuglingsnahrung auf Pulverbasis ist nicht steril. In der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 sind mikrobiologische Kriterien für Säuglingsanfangsnahrung festgelegt. Dabei wird die Abwesenheit von *Salmonella* und *Cronobacter* spp. (früher: *Enterobacter sakazakii*) nach vorgegebenen Stichprobenplänen gefordert. Zusätzlich dient die Untersuchung auf andere Mikroorganismen, wie Bakterien der Familie der *Enterobacteriaceae* oder *Bacillus cereus*, der Überprüfung eines hygienischen Herstellungsprozesses.

Folgenahrung, die für ältere Säuglinge ab Einführung einer angemessenen Beikost bestimmt ist, fällt nicht unter diese strengen mikrobiologischen Regelungen hinsichtlich *Cronobacter*. *Cronobacter* spp. sollen nachfolgend stellvertretend für andere potenziell pathogene vegetative Bakterien betrachtet werden, da sie eine erhöhte Hitze- und Austrocknungsresistenz besitzen, in pulverförmigen Lebensmitteln vorkommen, dort lange überdauern und für besonders empfindliche Säuglinge eine gesundheitliche Gefahr darstellen. Zudem sind *Cronobacter* spp. überall (ubiquitär) verbreitet und können daher auch bei der Zubereitung durch kontaminierte Küchengerätschaften in die Nahrung eingetragen werden. Die Zubereitungshinweise sind somit auch im Hinblick auf eine Minimierung des Infektionsrisikos durch andere potenziell pathogene Bakterien gültig.

Ursprünglich wurde die Gattung *Cronobacter* (*C.*) als Spezies *Enterobacter* (*E.*) *sakazakii* bezeichnet. *E. sakazakii* wurde 2007 als Genus *Cronobacter* definiert (Iversen et al., 2007). Nach Überarbeitung dieser Definition beinhaltet die Gattung derzeit die Spezies *C. sakazakii*, *C. turicensis*, *C. muytjensii*, *C. malonaticus*, *C. helveticus*, *C. pulveris*, *C. zurichensis*, *C. dublinensis*, *C. condimentii*, und *C. universalis*. Zur Spezies *C. dublinensis* werden zudem die Subspezies *C. dublinensis subsp. lausannensis*; *subsp. dublinensis* und *subsp. lactardi* gezählt (Iversen et al., 2008; Joseph et al., 2011, Joseph et al., 2012, Brady et al. 2013).

Mit Ausnahme von *C. condimentii* konnten alle *Cronobacter*-Spezies bereits aus klinischen Proben isoliert werden (Yemis et al. 2020). In einen Zusammenhang mit schwerwiegenden Erkrankungen des Menschen wurden bisher nur *C. sakazakii*, *C. malonaticus* und *C. turicensis* gebracht, wobei Kontaminationen von Säuglingsnahrung hauptsächlich auf *C. sakazakii* und *C. malonaticus* zurückzuführen sind. Der Sequenztyp *C. sakazakii* (ST4) wurde als vorherrschend bei neonatalen Infektionen identifiziert, aber auch ST 8 und ST 12 werden als pathogen angesehen (Hennekinne et al., 2018).

Das Schema der Genotypisierung ist unter folgender Internetadresse frei zugänglich:

<http://www.pubMLST.org/cronobacter>.

Cronobacter spp. sind ubiquitär verbreitet und kommen in Wasser, Boden, Pflanzenbestandteilen, Gewürzen und diversen Lebensmitteln vor (Jaradat et al., 2009; Kandhai et al., 2004; Schmid et al., 2009, Forsythe, 2018). Sie können sich auf abiotischen Flächen als Biofilm anlagern und dort überleben (Iversen et al., 2004; Henry and Fouladkhah, 2019).

Cronobacter spp. wachsen mesophil (bei Temperaturen von 25-45 °C), nicht jedoch bei Temperaturen unter 5 °C bzw. über 45 °C (Nazarowec-White und Farber, 1997). Bei Temperaturen zwischen 5 °C und 10 °C ist die Vermehrung sehr verzögert (Latenz-Phase 37 Stunden, danach Generationszeit ca. 5 Stunden). Bei Temperaturen zwischen 37 °C und 43 °C

beträgt ihre Generationszeit ca. 20 Minuten, die sich bei Raumtemperatur auf etwa 2 Stunden verlängert (Iversen *et al.*, 2004). *Cronobacter* spp. überleben, wie andere Bakterienarten auch, den Sprühtrocknungsprozess bei der Herstellung von Milchpulver und können bis zu zwei Jahre im Trockenzustand überdauern (Arku *et al.*, 2008; Edelson-Mammel *et al.*, 2005).

Pulverförmige Säuglingsnahrung kann mit Wasser unterschiedlicher Temperaturen angerührt werden, was auch als Rekonstitution der Nahrung bezeichnet wird. Bei Wassertemperaturen von 40° C bis 50° C sind die Pulver meist besser löslich als bei Raumtemperatur und die Trinktemperatur ist nach kurzer Abkühlung erreicht. Die WHO empfiehlt die Verwendung von mindestens 70° C heißem Wasser für die Rekonstitution, was laut einem mathematischen Modell zu einer Keimreduktion von vier Zehnerpotenzen führt (WHO, 2006). Diese Inaktivierung ist aber nur gegeben, wenn eine ausreichende Temperatur-Zeit-Kombination erreicht wird (z. B. 70° C für mindestens zwei Minuten). Aufgrund von Abkühleffekten durch kleine Anschüttelmengen in üblichen Glas- bzw. Plastikfläschchen ist in der Praxis zumindest im Privathaushalt bei der Zubereitung von einer deutlich geringeren Inaktivierung auszugehen (Chen *et al.*, 2009). In der Praxis kühlt das 70 °C heiße Wasser meist zu schnell ab, um *Cronobacter*-Bakterien sicher abzutöten (Losio *et al.*, 2018). Zudem birgt eine Zubereitung mit mindestens 70° C heißem Wasser andere gesundheitliche Risiken, wie Nährstoffverluste durch Hitze oder Verbrühen des Säuglings beim Verzehr. Dem BfR sind nur wenige Studien zur Hitzestabilität von Inhaltsstoffen in Säuglingsnahrung bei der Rekonstitution mit unterschiedlichen Temperaturen bekannt. Diese beziehen sich vor allem auf Vitamine (FAO und WHO, 2006). Für die Zusammensetzung von Säuglingsnahrung sind enge gesetzliche Grenzen gesetzt, so dass es nur bedingt möglich ist, Nährstoffe höher zu dosieren, um mögliche Verluste durch Hitze auszugleichen (Verordnung (EU) 2016/128).

Pulverförmige Säuglingsnahrung lässt sich auch mit raumtemperiertem Wasser rekonstituieren, wobei das Pulver dann ggf. schlechter löslich ist. Notwendige Kühltemperaturen zur Zwischenlagerung vorbereiteter Nahrung werden jedoch so schneller erreicht.

3.1.2 Gefährdungspotenzial / Charakterisierung der Gefahr

Berichte über neonatale Infektionen mit *Cronobacter* spp. sind sehr selten. Weltweit wurden seit den ersten beschriebenen Fällen aus dem Jahr 1958 (Urmenyi und Franklin, 1961) ca. 180 Infektionen mit *Cronobacter* spp. publiziert (Stryko *et al.*, 2020). Im Jahr 2021 wurde auch in Deutschland ein *Cronobacter*-Ausbruch dokumentiert (Ärzte Zeitung online, 23.06.2021).

Die Inzidenz¹ liegt bei etwa einer Infektion mit *Cronobacter* spp. auf 100.000 Säuglinge pro Jahr, bei Säuglingen mit sehr geringem Geburtsgewicht (< 1.500 g) steigt sie auf 9,4 pro 100.000 (FAO und WHO, 2006). Betroffen sind in 95 % der Fälle Säuglinge in den ersten beiden Lebensmonaten (Stryko *et al.*, 2020). Da Infektionen mit *Cronobacter*-Bakterien in Deutschland bislang nicht meldepflichtig sind, muss mit einer Dunkelziffer gerechnet werden.

Die minimale Infektionsdosis ist derzeit unbekannt, liegt aber wahrscheinlich zwischen 1.000 und 10.000 Bakterienzellen pro Mahlzeit (Blackshaw *et al.*, 2020). Typische Krankheitsbilder sind Meningitis (Hirnhautentzündung), Sepsis (lebensbedrohliches Multiorganversagen durch überschießende Immunreaktion nach einer Infektion) und nekrotisierende Enterokolitis (Darmentzündung mit absterbendem Gewebe) (AFSSA, 2006; Friedemann, 2008; van Acker *et al.*, 2001), wobei das Krankheitsbild der Meningitis häufiger bei Säuglingen beobachtet wird, die nach der vollen Schwangerschaftsperiode geboren wurden. Eine Sepsis

¹ Anzahl der Neuerkrankungen in einer Bevölkerungsgruppe an einer bestimmten Krankheit während einer bestimmten Zeitspanne

ist dagegen bei frühgeborenen Säuglingen häufiger (Strysko et al., 2020). Die Letalität² bei Infektionen mit *Cronobacter*-Bakterien wird in der Literatur mit 20 bis 80 % angegeben und ist bei Fällen mit Meningitis besonders hoch (AFSSA, 2006; Friedemann, 2008; Lehner und Stephan, 2004; Muytjens et al., 1983; van Acker et al., 2001). Spätfolgen bei den Überlebenden treten häufig auf und können sich als Gehirnazzess, Infarkt oder Gehirnwassersucht manifestieren (Strysko et al., 2020).

Als häufigste Infektionsquelle für *Cronobacter* spp. wird pulverförmige Säuglingsnahrung in der Literatur beschrieben (Strysko et al., 2020). Wenn *Cronobacter*-Bakterien in der Pulvernahrung vorhanden sind, kann bei Bedingungen, die ihr Wachstum fördern, die Infektionsdosis erreicht werden. Dabei können die Bakterien aus der Produktionsumgebung des Pulvers stammen, oder die Nahrung kann sekundär bei der Zubereitung durch mangelhafte Hygienepraktiken kontaminiert werden (Blackshaw et al., 2020). Es wurden aber auch Infektionen mit *Cronobacter* bei Säuglingen beobachtet, die nicht mit künstlicher Säuglingsnahrung gefüttert wurden, so dass auch andere Vektoren in Frage kommen. In einigen Fällen konnten Wasser und Utensilien zur Zubereitung oder Verabreichung der Nahrung als Übertragungsvektor identifiziert werden (Strysko et al., 2020). Aber auch Biofilme mit Beteiligung von *Enterobacteriaceae*, einschließlich *Cronobacter* spp. in Schläuchen von Magensonden für die Versorgung von Frühgeborenen und Milchpumpen zur Gewinnung von Muttermilch wurden als Infektionsquellen identifiziert. Die Detektion dieser Biofilme war dabei unabhängig von der verabreichten Nahrung (Säuglingsanfangsnahrung, Muttermilch oder sterile „ready-to-feed“, d.h. verzehrfertige Nahrung) (Hurrell et al., 2009; Henry and Fouladkhah, 2019; Strysko et al., 2020). Eine zu lange Lagerungszeit der zubereiteten Nahrung und Hygienemängel stellen bedeutende Risikofaktoren für eine *Cronobacter*-Infektion dar (Blackshaw et al., 2020).

3.1.3 Expositionsschätzung

Die meisten Infektionsfälle sind in Kliniken aufgetreten, in denen Frühgeborene und immunologisch schwache Säuglinge versorgt wurden. Es werden aber in geringerer Zahl auch immer wieder Infektionen außerhalb des Klinikumfeldes beobachtet, bei denen die Kinder auch älter als vier Wochen sind (Henry and Fouladkhah, 2019). Darüberhinaus wird von einem Ausbruch an einer High School in Nanjing (Volksrepublik China) berichtet, bei dem 156 Jugendliche milde Symptome einer Gastroenteritis zeigten. Mittels molekularbiologischer Methoden und einer Fall-Kontroll-Studie konnten als Ursache durch die Schulspeisung verbreitete *Cronobacter sakazakii* identifiziert werden (Wei Yong et al., 2018). Dieser Ausbruch zeigt, dass keine klare Altersgrenze gezogen werden kann, ab der *Cronobacter* spp. als nicht krankheitserregend (apathogen) anzusehen wäre.

Die Isolierung von *Cronobacter* spp. gelang aus verschiedenen Lebensmitteln, insbesondere aus trockenen und getrockneten Produkten, sowie von Oberflächen im klinischen Umfeld, in der Lebensmittelproduktion und im privaten Bereich (Yemis et al. 2020). *Cronobacter* spp. wurden außerdem in humanen Proben von Zähnen, Speichel, Haut und Frauenmilch festgestellt (Forsythe, 2018).

Pulverförmige Säuglingsanfangsnahrung spielt immer wieder eine Schlüsselrolle bei schweren Infektionen von Neugeborenen mit *Cronobacter* spp., auch wenn andere Quellen wie kontaminierte Zubereitungsutensilien, Oberflächen und symptomlose Träger ebenfalls identifiziert wurden (Forsythe, 2018). Vor diesem Hintergrund wurden mehrere internationale Studien zum Nachweis von *Cronobacter* spp. in pulverförmiger Säuglingsanfangsnahrung

² Letalität bezeichnet den Anteil der Erkrankten, der an der Krankheit stirbt

durchgeführt. *Cronobacter*-Bakterien wurden in 1,4 % (Jaradat *et al.*, 2009) bzw. bis 30 % (Parra-Flores *et al.*, 2020) der untersuchten Proben von pulverförmiger Säuglingsnahrung gefunden, während Salmonellen selten nachgewiesen wurden.

Die Ergebnisse des deutschen Bundesweiten Überwachungsplans (BÜp) im Jahr 2006 zeigten eine Kontaminationsrate von 5,9 % (n = 118), während im Jahr 2010 nur in 0,2 % der Proben von pulverförmiger Säuglingsanfangsnahrung (n = 496) *Cronobacter* spp. nachgewiesen wurde (BVL, 2011). Salmonellen wurden nicht detektiert.

Quantitative Schätzungen der *Cronobacter*-Nachweise mittels Most-Probable-Number (MPN)-Methodik ergaben eine durchschnittliche Konzentration von 0,54 MPN/100 g mit einer Spanne von 0,22 MPN/100 g bis 1,61 MPN/100 g (Siqueira-Santos *et al.*, 2013). Die Verteilung der *Cronobacter*-Bakterien in der Pulvernahrung ist hochgradig inhomogen, so dass die Spanne auch von 2,3 MPN/100 g bis 230 MPN/100 g reichen kann (Parra-Flores *et al.*, 2020). Ein natürlich kontaminiertes Batch Pulvernahrung wurde in der Qualitätskontrolle des Herstellers als *Cronobacter*-positiv zurückgewiesen, bei genaueren Untersuchungen konnten nur in acht von 2.290 Proben *Cronobacter*-Zellen nachgewiesen werden, und es wurden Keimzahlen von minimal 0,0032 koloniebildenden Einheiten (KbE)/g bis maximal 560 KbE/g ermittelt. Für das unbelastete Referenzbatch wurde eine Belastung von < 0,000038 KbE/g kalkuliert (Jongenburger, 2011). Nach beispielhaften Herstellerangaben für die Zubereitung von Säuglingsnahrung nimmt ein Kind bis zum Alter von zwei Monaten ca. acht Portionen à 13 g = 3 Löffel à 4,4 g am Tag zu sich. Das entspricht in etwa 100 g Pulver pro Tag. Mit dieser Pulvermenge würde nur in Ausnahmefällen die vermutete Infektionsdosis von mindestens 1.000 Bakterienzellen überschritten werden.

Die meisten der seltenen, aber schweren *Cronobacter*-Infektionen bei Säuglingen werden durch eine zuvor erfolgte signifikante Vermehrung der Keime in der rekonstituierten Nahrung oder an den Oberflächen von Utensilien wie Nahrungsschläuchen ausgelöst (Kucerova *et al.*, 2011). In den Zubereitungshinweisen der Hersteller wird überwiegend eine Anschütteltemperatur zwischen 40 °C und 50 °C empfohlen (BVL, 2011). Die WHO empfiehlt, die Pulvernahrung mit 70 °C warmen Wasser zuzubereiten. Das kann eventuelle Kontaminationen zwar reduzieren, aber nicht sicher beseitigen (Losio *et al.*, 2018). Es besteht daher grundsätzlich immer das Risiko, dass sich pathogene Keime in zubereiteter Nahrung vermehren können.

3.1.4 Risikocharakterisierung

Da Infektionen mit *Cronobacter*-Bakterien in Deutschland bislang nicht meldepflichtig sind, liegen dem BfR derzeit keine validen Daten zur Häufigkeit von Erkrankungsfällen bei Säuglingen in Deutschland vor. Die Risikobewertung stützt sich daher ausschließlich auf Angaben aus der Literatur.

Grundsätzlich hängt das Risiko einer Infektion mit pathogenen Keimen durch Säuglingsnahrung von folgenden Parametern ab:

- der bereits in der trockenen Nahrung vorhandenen Anfangskeimzahl,
- einem möglichen Keimeintrag bei der Zubereitung und Verabreichung aus externen Quellen (z. B. kontaminierte Küchengeräte, Babyflaschen, Sauger, kontaminiertes Trinkwasser, Hände),
- einer zeit- und temperaturabhängigen Vermehrung der Keime in der zubereiteten Nahrung.

Folgende Faktoren sind in diesem Zusammenhang von Relevanz:

Produkte

Es wird von pulverförmiger Säuglingsnahrung mit unterschiedlicher Zusammensetzung ausgegangen. Es sind in gleichem Maße Säuglingsnahrungen auf Milchpulverbasis, hydrolysierte Nahrungen, Nahrungen auf Sojabasis, sogenannte Heilnahrungen für Säuglinge sowie pulverförmige Zusätze wie Anti-Reflexmittel und sogenannte Fortifier (Nährstoffzusätze) betroffen. Da *Cronobacter* immer wieder in Säuglingsanfangsnahrung in niedrigen Konzentrationen (ca. 1 KbE/g) nachgewiesen wird, kann bereits die pulverförmige Säuglingsnahrung mit *Cronobacter* verunreinigt sein.

Das Vorkommen von anderen Krankheitserregern, einschließlich Salmonellen, wurde in pulverförmiger Säuglingsnahrung bisher in Deutschland selten festgestellt.

Zubereitung

Weist das Wasser eine Temperatur von 50 °C oder weniger auf, ist davon auszugehen, dass in der pulverförmigen Säuglingsnahrung vorhandene *Cronobacter*-Bakterien auch in der zubereiteten Nahrung vorkommen und sich vermehren können, weil dieser Temperaturbereich für eine Hitzeinaktivierung der Bakterien nicht ausreicht. Eine Zubereitung mit Wasser mit einer Temperatur von über 70 °C könnte den Keimgehalt zwar reduzieren, aber das Vorkommen von *Cronobacter*-Bakterien nicht sicher ausschließen. Nötig hierzu wäre eine ausreichende Hitzebehandlung, z. B. Rekonstitution der pulverförmigen Nahrung mit mindestens 70 °C heißem Wasser über mindestens zwei Minuten unter kontrollierten Bedingungen. Es ergeben sich dann jedoch zusätzliche gesundheitliche Risiken, wie negative Einflüsse auf die ernährungsphysiologische Qualität der Nahrung und Verbrühungsgefahren.

Das Erkrankungsrisiko kann gering gehalten werden, wenn die Nahrung direkt nach der Zubereitung verfüttert wird. Durch lange Standzeiten der zubereiteten Nahrung (mehr als zwei Stunden) bis zum Verfüttern bzw. beim Abkühlen und Wiederaufwärmen von vorbereiteter Nahrung bei Trinktemperatur steigt jedoch das Risiko von Erkrankungen durch eine Vermehrung der Erreger in Abhängigkeit von der Temperatur an.

Außerdem kann bei der Zubereitung eine Kontamination mit Krankheitserregern u.a. durch Hände, Wasser oder Zubereitungsutensilien erfolgen. Vor allem bei der Zubereitung von Nahrung für früh geborene Säuglinge mit geringem Geburtsgewicht oder Säuglinge mit einer Immunschwäche ist daher eine besondere Hygiene erforderlich.

Betroffene Altersgruppen

Die Erfahrungen aus der Vergangenheit haben gezeigt, dass nur sehr selten über neonatale Infektionen mit *Cronobacter*-Bakterien berichtet wurde. Falls es jedoch zu *Cronobacter*-Infektionen kommt, sind schwere Krankheitsverläufe mit tödlichem Ausgang möglich.

Betroffen sind hauptsächlich Säuglinge in den ersten beiden Lebensmonaten, danach nimmt das Erkrankungsrisiko deutlich ab.

Für reif geborene, gesunde, normalgewichtige Säuglinge ist das Risiko, an einer Infektion mit *Cronobacter*-Bakterien zu erkranken, als äußerst gering einzustufen, wenn geringfügig kontaminierte Nahrung zubereitet und direkt verfüttert wird.

Früh geborene Säuglinge mit geringem Geburtsgewicht (unter 2.500 g) oder Säuglinge mit einer Immunschwäche haben ein deutlich höheres Erkrankungsrisiko als gesunde, normalgewichtige Säuglinge. Handelt es sich aber um geringfügig kontaminierte Nahrung, die hygienisch zubereitet und direkt verfüttert wird, ist das Risiko, an einer *Cronobacter*-Infektion zu erkranken, jedoch immer noch als gering einzuschätzen.

4 Handlungsrahmen, Empfehlung von Maßnahmen

Generell gilt die Empfehlung, Säuglingsanfangsnahrung sofort nach der Zubereitung (d. h. innerhalb von zwei Stunden) zu verfüttern (FAO und WHO, 2004). Diese Empfehlung sollte im Privathaushalt ohne Einschränkung Anwendung finden. In einigen Fällen kann es sinnvoll sein, größere Nahrungsmengen vorzubereiten, wenn die Zubereitung kurz vor dem Verzehr nicht möglich sein sollte (z. B. in der Kindertagesstätte, Klinik, s. unten). Diese Vorgehensweise erfordert ein effektives Hygieneregime und eine präzise Temperaturüberwachung. Es sind keimfreie (aseptische) Bedingungen im Zubereitungsbereich erforderlich, und die Lagerung sowie der Transport der vorbereiteten Nahrung müssen temperaturkontrolliert (maximal 24 Stunden unter 5 °C) erfolgen (FAO und WHO, 2004). Aus diesen Gründen kann die Zubereitung auf Vorrat nur im professionellen Bereich Anwendung finden, aber auch hier sollte geprüft werden, ob nicht der Einsatz kommerzieller steriler Flüssignahrung erfolgen kann, da die Lagerung der Säuglingsnahrung immer ein erhöhtes Risiko bedeutet (FAO und WHO, 2004).

4.1 Wasserqualität

Aus Gründen der Lebensmittelsicherheit empfiehlt das BfR, abgekochtes Wasser zur Zubereitung pulverförmiger Säuglingsnahrung für Säuglinge in den ersten Lebensmonaten zu verwenden. Die Trinkwasserqualität in Deutschland ist zwar sehr gut und mikrobiologische Grenzwerte werden nur sporadisch überschritten (BMG und UBA, 2011), allerdings ist den Verbraucherinnen und Verbrauchern die lokale Wasserqualität am Wasserhahn meist unbekannt. Durch lokale Verunreinigungen, aber auch durch längere Standzeiten des Wassers oder Biofilmbildung an den Wasserhähnen können höhere Keimgehalte und Krankheitserreger im Trinkwasser vorkommen. Dies wird durch den Nachweis diverser Keime in Trinkwasser, welches direkt aus dem Wasserhahn von Verbrauchsstellen in Deutschland gewonnen wurde, bestätigt (Daschner *et al.*, 1996; Hussein *et al.*, 2009; Trautmann *et al.*, 2006; Kohnen *et al.*, 2005; von Baum *et al.*, 2010). Sterilfilter sind als Alternative zum Abkochen des Wassers nicht empfehlenswert, da an der Auslaufstelle möglicherweise eine Rekontamination stattfinden kann. Sie sind zudem kostenintensiv und müssen regelmäßig ausgetauscht werden, um einen gleichmäßig hohen Qualitätsstandard des Wassers zu garantieren.

Beim Abkochen von Trinkwasser ist - wie auch bei der Zubereitung von heißen Getränken und Mahlzeiten - besondere Vorsorge dafür zu treffen, dass Verbrühungen und Verbrennungen des Säuglings unbedingt vermieden werden. Gefahrenquellen sind Verbrühen mit heißer Flüssigkeit, das Berühren von heißen Gegenständen wie einem Wasserkocher oder einem Wasserkessel sowie die Fütterung unzureichend abgekühlter Säuglingsnahrung. Darum wird empfohlen, vor Beginn der Fütterung den sogenannten Handgelenktest vorzunehmen, also wenige Tropfen Säuglingsmilch aus dem Fläschchen auf die Innenseite des Handgelenks zu geben. Die Tropfen dürfen nicht als warm oder gar heiß empfunden werden.

In jedem Falle ist zu vermeiden, die Nahrung aus der Flasche selbst zu kosten, da so Keime aus der eigenen Mundflora auf den Säugling übertragen werden, die später z. B. Karies verursachen können.

4.2 Empfehlungen für die Zubereitung pulverförmiger Säuglingsanfangsnahrung für reif geborene, gesunde Säuglinge in Privathaushalten, Kindertagesstätten und Tagespflegestellen

Beim Mischen der pulverförmigen Säuglingsnahrung mit Wasser sind die Temperaturvorgaben des Herstellers zu beachten. Wassertemperaturen von ungefähr 20°C bis 50 °C zum Anschütteln der pulverförmigen Säuglingsnahrung für reif geborene, gesunde Säuglinge hält das BfR für ausreichend. Vor dem Verfüttern muss die Nahrung auf Trinktemperatur abgekühlt werden.

Aus Sicht des BfR ist die Einhaltung folgender Hygieneregeln bei der Zubereitung von Säuglingsnahrung besonders wichtig (Abb. 1):

- Vor der Zubereitung sollten die Hände gründlich mit fließendem warmen Wasser und Seife gereinigt werden.
- Flaschen, Löffel und Sauger sollten auf jeden Fall mit heißem Wasser und Spülmittel gründlich gesäubert und anschließend getrocknet werden. Eine zusätzliche Sicherheit bietet ein Auskochen dieser Utensilien bzw. eine Behandlung mit kochendem Wasser für mindestens zwei Minuten oder die Nutzung eines kommerziellen Babyflaschensterilisators. In Kindertagesstätten und bei Tagespflegestellen für Säuglinge unter sechs Monaten (Liegekreppe) ist diese Hitzeinaktivierung insbesondere im Hinblick auf das Vermeiden der Übertragung von Krankheitserregern zwischen den Kindern nach jedem Gebrauch empfehlenswert.
- Die Zubereitung von pulverförmiger Säuglingsnahrung sollte immer räumlich bzw. zeitlich getrennt von der Verarbeitung anderer roher Lebensmittel und von der Reinigung der Gerätschaften erfolgen.
- Zur Aufbewahrung des Pulvers sind die Vorgaben des Herstellers strikt einzuhalten. Insbesondere müssen Milchpulvernahrungen dicht verschlossen, trocken und vor Hitze geschützt aufbewahrt werden.
- Besonders wichtig ist es, die Vermehrung möglicher Keime in der zubereiteten Nahrung zu verhindern. In der pulverförmigen Nahrung selbst können sich Bakterien nicht vermehren. Daher empfiehlt das BfR, das Fläschchen erst kurz vor der Fütterung zuzubereiten, so schnell wie möglich auf Trinktemperatur (max. 15 min) zu bringen und innerhalb von zwei Stunden zu verfüttern.
- Reste zubereiteter Nahrung sollten unbedingt entsorgt werden.
- Flaschen und Sauger sind nach Gebrauch sofort mit Trinkwasser zu spülen, um ein Antrocknen der Nahrungsreste zu vermeiden.
- Der Dosierlöffel sollte nicht im Pulver aufbewahrt werden, sondern z. B. in einem verschlossenen Glas. Er sollte nur am Griff berührt bzw. mit einer sauberen Pinzette entnommen werden.
- Besonders empfehlenswert ist es, auf Reisen, für nächtliche Fütterungen oder bei der Bereitstellung der Tagesrationen in Kindertagesstätten die pulverförmige Säuglingsanfangsnahrung in saubere und trockene Flaschen zu portionieren, das abgekochte Trinkwasser in einer sauberen, verschlossenen Thermosflasche aufzubewahren und die pulverförmige Säuglingsanfangsnahrung mit dem Wasser erst kurz vor der Fütterung zu mischen.

- Soll die zubereitete Nahrung in Ausnahmefällen gelagert werden, muss die Zubereitung unter besonders strengen Hygienebedingungen erfolgen, die gewöhnlich nur im professionellen Säuglingspflegebereich erreicht werden.
Die frisch zubereitete Nahrung sollte sofort in Einzelflaschen portioniert werden. Wenn nicht bereits raumtemperiertes Wasser zum Anschütteln verwendet wurde, sollte die Nahrung außerhalb des Kühlschranks unter fließendem Wasser möglichst schnell auf Raumtemperatur abgekühlt und anschließend im Kühlschrank bei Temperaturen unter 5 °C maximal 24 Stunden gelagert werden. Die Temperatur des Kühlschranks muss in diesen Fällen regelmäßig überprüft werden, da bei Temperaturen über 5 °C ein langsames, bakterielles Wachstum in der Nahrung möglich ist. Direkt vor der Fütterung sollte die Nahrung so schnell wie möglich (max. 15 min) in einem Fläschchenwärmer auf Trinktemperatur (max. 37 °C) erwärmt und innerhalb von zwei Stunden verfüttert werden, da bei diesen Temperaturen ideale Bedingungen zur Keimvermehrung bestehen.
- In Kindertagesstätten und Tagespflegestellen sollten die Arbeitsprozesse mit Vorschriften für die hygienische Zubereitung schriftlich festgelegt und dokumentiert werden.
- Das Personal in Kindertagesstätten sollte regelmäßig im hygienischen Umgang mit Säuglingsnahrung geschult werden.

4.3 Empfehlungen für die Zubereitung von pulverförmiger Säuglingsnahrung in Kliniken

Für Kliniken empfiehlt das BfR die Einrichtung einer gesonderten Milchküche.

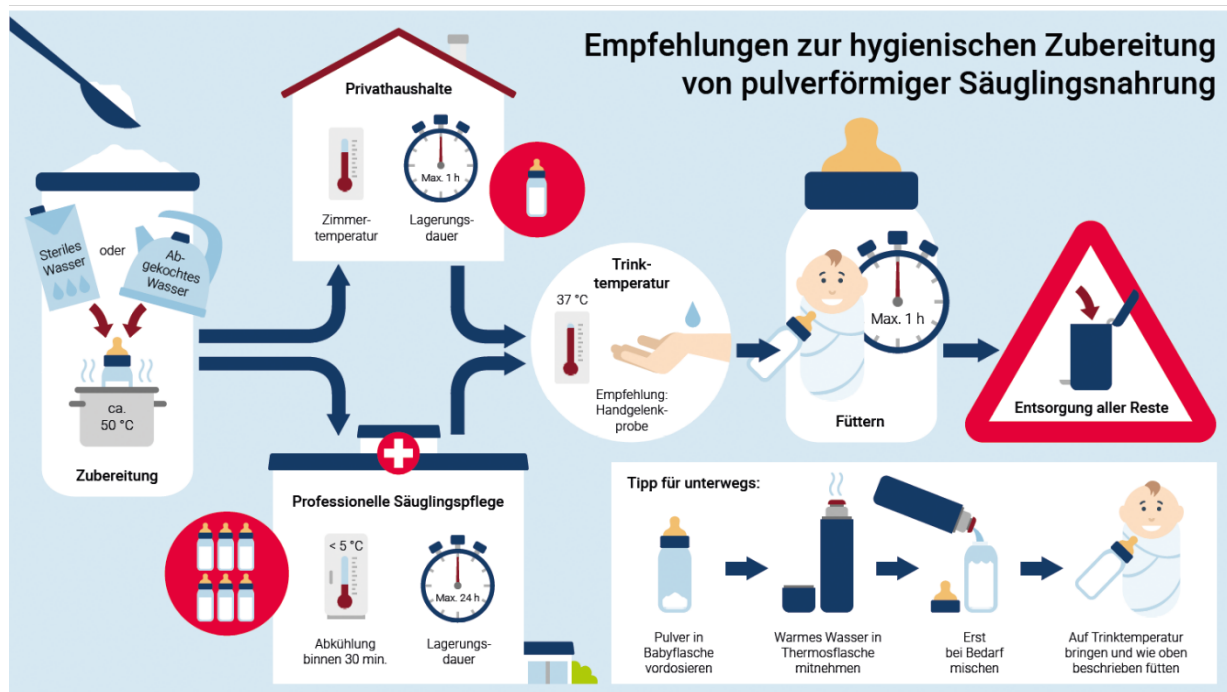
Hygienische Anforderungen an Milchküchen in Kliniken finden sich u. a. in einer Leitlinie, die von der Gesellschaft der Kinderkrankenhäuser und Kinderabteilungen in Deutschland e.V. zur Zeit überarbeitet wird. Die aktualisierte Version wird unter <https://www.qkind.de/> veröffentlicht.

Die hygienischen Anforderungen an die Milchküche sollten in einem Hygieneplan detailliert beschrieben sein, der mindestens folgende Elemente beinhaltet:

- bauliche Voraussetzungen
- Ausstattung
- Arbeitsabläufe
- Reinigung und Desinfektion
- Hygieneüberwachung der Milchküche
- Anforderungen an das Personal (Personalhygiene, Verhalten im Milchküchenbereich, Bereichskleidung)
- Qualitätskontrollen (mikrobiologisches Monitoring)

Das Personal nimmt in der Milchküche eine Schlüsselposition ein. Um die besonderen hygienischen Anforderungen erfüllen zu können, muss ausreichend fachlich qualifiziertes Personal zur Verfügung stehen. Dieses muss in die Eigenkontrollsysteme und Maßnahmen des Hygienemanagements eingewiesen sein und sollte regelmäßig geschult werden. Hygieneregeln betreffen zum einen die persönliche Hygiene (z. B. regelmäßiges hygienisches Händewaschen, Tragen von Hygienekleidung, einschließlich Kopfbedeckung und ggf. Einmalhandschuhe) und zum anderen den hygienischen Umgang bei der Zubereitung von Säuglingsnahrung sowie die Beachtung aller Anweisungen, die genaue Dokumentation und die Meldung von Abweichungen.

Für Frühgeborene und für immunologisch geschwächte Säuglinge sollte eine individuell angepasste Ernährungsempfehlung aus ärztlicher Sicht getroffen werden. Keimfreie verzehrfertige („ready to feed“) Nahrung kann die individuellen Ernährungsansprüche dieser besonders empfindlichen Säuglingsgruppe oftmals nicht vollständig erfüllen. Daher muss die Nahrung oder Muttermilch oft mit Nährstoffzusätzen angereichert werden. Diese so genannten Fortifier müssen hygienisch einwandfrei behandelt werden, bevor sie der sterilen Flüssignahrung oder der Muttermilch zugegeben werden. Die Zubereitung der Nahrung für Frühgeborene und für immunologisch geschwächte Säuglinge muss mindestens den generellen Anforderungen für die Zubereitung von pulverförmiger Säuglingsnahrung in Kliniken genügen. Bei der Wahl der Wassertemperatur zur Rekonstitution der Nährstoffzusätze sollte im Einzelfall zwischen potenziell schädigenden Hitzeeinwirkungen auf die individuell angepasste Nährstoffkonzentration und dem Nutzen einer zusätzlichen Reduktion mikrobiologischer Risiken abgewogen werden.



© BfR

Abbildung 1: Überblick über die maximale Zeit von der Zubereitung bis zum Verwerfen der fertigen Nahrung

Weitere Informationen auf der BfR-Website zum Thema Lebensmittelsicherheit

Übersichtsseite zu Lebensmittelsicherheit: https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/lebensmittelsicherheit-4525.html



„Stellungnahmen-App“ des BfR

5 Referenzen

Ärzte Zeitung online 23.06.2021 Nach Tod von Frühchen am Klinikum Oldenburg: Ermittlungen gegen Klinikpersonal (abgerufen 22.3.2022); <https://www.aerztezeitung.de/Wirtschaft/Nach-Tod-von-Fruehchen-am-Klinikum-Oldenburg-Ermittlungen-gegen-Klinikpersonal-420763.html>

AFSSA. Descriptive datasheet of microbials transmissible by foodstuff: *Enterobacter sakazakii*. 2006. <http://www.infectiologie.com/site/medias/documents/officiels/afssa/Esakazakii090207.pdf>.

Arku, B., Mullane, N., Fox, E., Fanning, S., and Jordan, K. (2008) *Enterobacter sakazakii* survives spray drying. *Int J Dairy Technol* 61: 102-108.

Blackshaw, K., Valtchev, P., Koolaji, N., Berry, N., Schindeler, A., Dehghani, F., Banati, R. (2020) The risk of infectious pathogens in breast-feeding, donated human milk and breast milk substitutes. *Public Health Nutrition*: 24(7), 1725–1740 doi:10.1017/S1368980020000555

BMG und UBA. Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser) in Deutschland. 2011. Bundesministerium für Gesundheit, Umweltbundesamt. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4238.pdf>.

Brady C, Cleenwerck I, Venter S, Coutinho T, De Vos P. (2013) Taxonomic evaluation of the genus *Enterobacter* based on multilocus sequence analysis (MLSA): proposal to reclassify *E. nimipressuralis* and *E. amnigenus* into *Lelliottia* gen. nov. as *Lelliottia nimipressuralis* comb. nov. and *Lelliottia amnigena* comb. nov., respectively, *E. gergoviae* and *E. pyrinus* into *Pluralibacter* gen. nov. as *Pluralibacter gergoviae* comb. nov. and *Pluralibacter pyrinus* comb. nov., respectively, *E. cowanii*, *E. radicincitans*, *E. oryzae* and *E. arachidis* into *Kosakonia* gen. nov. as *Kosakonia cowanii* comb. nov., *Kosakonia radicincitans* comb. nov., *Kosakonia oryzae* comb. nov. and *Kosakonia arachidis* comb. nov., respectively, and *E. turicensis*, *E. helveticus* and *E. pulveris* into *Cronobacter* as *Cronobacter zurichensis* nom. nov., *Cronobacter helveticus* comb. nov. and *Cronobacter pulveris* comb. nov., respectively, and emended description of the genera *Enterobacter* and *Cronobacter*. *Syst Appl Microbiol* 36:309-319

BVL. Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2010, Bundesweiter Überwachungsplan 2010. 2011. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), Springer Basel AG, Schweiz. ISBN 978-3-0348-0265-9 (www.bvl.bund.de).

Chen,P.C., Zahoor,T., Oh,S.W., and Kang,D.H. (2009) Effect of heat treatment on *Cronobacter* spp. in reconstituted, dried infant formula: preparation guidelines for manufacturers. *Lett Appl Microbiol* 49: 730-737.

Daschner,F.D., Ruden,H., Simon,R., and Clotten,J. (1996) Microbiological contamination of drinking water in a commercial household water filter system. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 15: 233-237.

DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2016/128 DER KOMMISSION vom 25. September 2015 zur Ergänzung der Verordnung (EU) Nr. 609/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die besonderen Zusammensetzungs- und Informationsanforderungen für Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0128&from=DE>

Edelson-Mammel,S.G., Porteous,M.K., and Buchanan,R.L. (2005) Survival of *Enterobacter sakazakii* in a dehydrated powdered infant formula. *J Food Prot* 68: 1900-1902.

FAO, and WHO. *Enterobacter sakazakii* and other microorganism in powdered infant formula: Meeting report. 2004. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5502e/y5502e00.pdf>.

FAO, and WHO. *Enterobacter sakazakii* and *Salmonella* in powdered infant formula. Meeting Report. 2006. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0707e/a0707e00.pdf>.

FAO/WHO. Safe preparation, storage and handling of powdered infant formula. 2007. Available at: http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/pif_guidelines.pdf.

Forsythe, S. (2018) Updates on the *Cronobacter* Genus. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 9, 23–44

Friedemann,M. (2008) *Enterobacter sakazakii* in powdered infant formula. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 51: 664-674.

Hennekinne, B.R., Guillier, H.L., Fazeuilh, L., Ells, T., Forsythe, S., Jackson, E., Meheut, T., Gnanou Besse, N. (2018) Survival of *Cronobacter* in powdered infant formula and their variation in biofilm formation *Lett Appl Microbiol* 66: 496--505

Henry,M. and Fouladkhah,A. (2019) Outbreak History, Biofilm Formation, and Preventive Measures for Control of *Cronobacter sakazakii* in Infant Formula and Infant Care Settings. *Microorganisms* 2019, 7, 77

Hurrell,E., Kucerova,E., Loughlin,M., Caubilla-Barron,J., Hilton,A., Armstrong,R. *et al.* (2009) Neonatal enteral feeding tubes as loci for colonisation by members of the Enterobacteriaceae. *BMC Infect Dis* 9: 146.

Hussein,Z., Landt,O., Wirths,B., and Wellinghausen,N. (2009) Detection of non-tuberculous mycobacteria in hospital water by culture and molecular methods. *Int J Med Microbiol* 299: 281-290.

Iversen,C., Lane,M., and Forsythe,S.J. (2004) The growth profile, thermotolerance and biofilm formation of *Enterobacter sakazakii* grown in infant formula milk. *Lett Appl Microbiol* 38: 378-382.

Iversen,C., Lehner,A., Mullane,N., Bidlas,E., Cleenwerck,I., Marugg,J. *et al.* (2007) The taxonomy of *Enterobacter sakazakii*: proposal of a new genus *Cronobacter* gen. nov. and descriptions of *Cronobacter sakazakii* comb. nov. *Cronobacter sakazakii* subsp. *sakazakii*, comb. nov., *Cronobacter sakazakii* subsp. *malonaticus* subsp. nov., *Cronobacter turicensis* sp. nov., *Cronobacter muytjensii* sp. nov., *Cronobacter dublinensis* sp. nov. and *Cronobacter* genomospecies 1. *BMC Evol Biol* 7: 64.

Iversen,C., Mullane,N., McCardell,B., Tall,B.D., Lehner,A., Fanning,S. *et al.* (2008) *Cronobacter* gen. nov., a new genus to accommodate the biogroups of *Enterobacter sakazakii*, and proposal of *Cronobacter sakazakii* gen. nov., comb. nov., *Cronobacter malonaticus* sp. nov., *Cronobacter turicensis* sp. nov., *Cronobacter muytjensii* sp. nov., *Cronobacter dublinensis* sp. nov., *Cronobacter* genomospecies 1, and of three subspecies, *Cronobacter dublinensis* subsp. *dublinensis* subsp. nov., *Cronobacter dublinensis* subsp. *lausannensis* subsp. nov. and *Cronobacter dublinensis* subsp. *lactaridi* subsp. nov. *Int J Syst Evol Microbiol* 58: 1442-1447.

Jaradat,Z.W., Ababneh,Q.O., Saadoun,I.M., Samara,N.A., and Rashdan,A.M. (2009) Isolation of *Cronobacter* spp. (formerly *Enterobacter sakazakii*) from infant food, herbs and environmental samples and the subsequent identification and confirmation of the isolates using biochemical, chromogenic assays, PCR and 16S rRNA sequencing. *BMC Microbiol* 9: 225.

Jongenburger,I., Reij, M.W., Boer, E.P.J., Gorris, L.G.M., Zwietering, M.H. (2011) Actual distribution of *Cronobacter* spp. in industrial batches of powdered infant formula and consequences for performance of sampling strategies *International Journal of Food Microbiology* 151, 62–69

Joseph S, Cetinkaya E, Drahovska H, Levican A, Figueras MJ, Forsythe SJ. (2012) *Cronobacter condimenti* sp. nov., isolated from spiced meat, and *Cronobacter universalis* sp. nov., a species designation for *Cronobacter* sp. genomospecies 1, recovered from a leg infection, water and food ingredients. *Int J Syst Evol Microbiol* 62: 1277-1283.

Kandhai,M.C., Reij,M.W., Gorris,L.G., Guillaume-Gentil,O., and van,S.M. (2004) Occurrence of *Enterobacter sakazakii* in food production environments and households. *Lancet* 363: 39-40.

Kohnen,W., Teske-Keiser,S., Meyer,H.G., Loos,A.H., Pietsch,M., and Jansen,B. (2005) Microbiological quality of carbonated drinking water produced with in-home carbonation systems. *Int J Hyg Environ Health* 208: 415-423.

Kucerova,E., Joseph,S., and Forsythe,S. (2011) The *Cronobacter* genus: ubiquity and diversity. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* 3: 104-122.

Lehner,A., and Stephan,R. (2004) Microbiological, epidemiological, and food safety aspects of *Enterobacter sakazakii*. *J Food Prot* 67: 2850-2857.

Losio,M. N., Pavoni,E., Finazzi,G., Agostoni,C., Daminelli,P., Dalzini,E., Varisco,G., Cinotti, S. (2018) Preparation of Powdered Infant Formula: Could Product's Safety Be Improved?_ *JPGN* _ 67, 4, 2018

Muytjens, H.L., Zanen, H.C., Sonderkamp, H.J., Kollee, L.A., Wachsmuth, I.K., and Farmer, J.J., III (1983) Analysis of eight cases of neonatal meningitis and sepsis due to *Enterobacter sakazakii*. *J Clin Microbiol* 18: 115-120.

Nazarowec-White, and Farber (1997) Incidence survival and growth of *Enterobacter sakazakii* in infant formula. *J Food Prot* 60: 226-230.

Parra-Flores, J.-F., Maury-Sintjago, E., Rodriguez-Fernández, A., Acuña, S., Cerda, F., Aguirre, J., Holy, O. (2020) Microbiological Quality of Powdered Infant Formula in Latin America. *Journal of Food Protection*, 83,3, 534–541

Schmid, M., Iversen, C., Gontia, I., Stephan, R., Hofmann, A., Hartmann, A. *et al.* (2009) Evidence for a plant-associated natural habitat for *Cronobacter spp.* *Res Microbiol* 160: 608-614.

Siqueira-Santos, R.F.S., da Silva, N., Amstalden Junqueira, V.C., Kajsik, M., Forsythe, S., Pereira, J.L. (2013) Screening for Cronobacter Species in Powdered and Reconstituted Infant Formulas and from Equipment Used in Formula Preparation in Maternity Hospitals. *Ann Nutr Metab.* 63:62–68

Stojanović, M. M., Katić, V., Kuzmanović, J. (2011) Isolation of Cronobacter sakazakii from different herbal teas Vojnosanit Pregl ; 68(10): 837–841. VOJNOSANITETSKI PREGLED

Strysko, J., Cope, J.R., Martin, H., Tarr, C., Hise, K., Collier, S., Bowen, A. (2020) Food Safety and Invasive Cronobacter Infections during Early Infancy, 1961–2018. *Emerging Infectious Diseases* 26, 5, 857-865.

Trautmann, M., Bauer, C., Schumann, C., Hahn, P., Hoher, M., Haller, M., and Lepper, P.M. (2006) Common RAPD pattern of *Pseudomonas aeruginosa* from patients and tap water in a medical intensive care unit. *Int J Hyg Environ Health* 209: 325-331.

Urmenyi, A.M., and Franklin, A.W. (1961) Neonatal death from pigmented coliform infection. *Lancet* 1: 313-315.

van Acker, J., de, S.F., Muyldermans, G., Bougateg, A., Naessens, A., and Lauwers, S. (2001) Outbreak of necrotizing enterocolitis associated with *Enterobacter sakazakii* in powdered milk formula. *J Clin Microbiol* 39: 293-297.

von Baum, H., Bommer, M., Forke, A., Holz, J., Frenz, P., Wellinghausen, N. (2010) Is domestic tap water a risk for infections in neutropenic patients? *Infection* 38:181-186.

VO (EG) 2073/2005. Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel. Amtsblatt der Europäischen Union vom 22.12.2005. ABI L 338/1. 2005.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2005R2073:20060101:DE:PDF>.

WHO. Overview of a Risk Assessment Model for *Enterobacter sakazakii* in Powdered Infant Formula. Paoli, G. and Hartnett, E. 2006. www.mramodels.org/ESAK/Home.aspx.

Yemis P., Delaquis, P. (2020) Natural Compounds With Antibacterial Activity Against *Cronobacter spp.* In Powdered Infant Formula: A Review. *Front. Nutr.* 7

Yong W, Guo B, Shi X, Cheng T, Chen M, Jiang X, Ye Y, Wang J, Xie G and Ding J (2018) An Investigation of an Acute Gastroenteritis Outbreak: *Cronobacter sakazakii*, a Potential Cause of Food-Borne Illness. *Front. Microbiol.* 9:2549.

Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Es berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebensmittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.