

Aromastoffe in Säuglingsnahrung

Aktualisierte Stellungnahme Nr. 049/2020 des BfR vom 03. November 2020*

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat sich mit der Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsanfangs- und Folgenahrung sowie in Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge und Kleinkinder befasst.

Aus Sicht des BfR sind Aromastoffe weder zur Verbesserung der Akzeptanz dieser Produkte noch zur Förderung der Geschmacksentwicklung notwendig. Beginnt die Fütterung von Säuglingen mit Säuglingsanfangsnahrung oder Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke innerhalb der ersten drei Lebensmonate, gibt es in der Regel keine Akzeptanzprobleme. Wird, beispielsweise aus medizinischen Gründen, erst später damit begonnen, lässt sich die Akzeptanz meist durch wiederholtes Füttern verbessern. Da Säuglingsnahrung ein standardisiertes Produkt ist, lässt sich auch durch den Zusatz von Aromen nicht die Geschmacksvielfalt erreichen, die Muttermilch gestillten Säuglingen bietet. Aromatisierte Säuglingsnahrung kann daher nach derzeitigem Kenntnisstand den Geschmacks- und Geruchssinn von Säuglingen nicht in ähnlicher Weise wie Muttermilch fördern.

Säuglinge sind in den ersten Lebensmonaten besonders empfindlich: Die Entgiftungsmechanismen des Körpers wie beispielsweise die Leber- und Nierenfunktionen und weitere Schutzmechanismen wie die Blut-Hirn-Schranke sind noch nicht voll ausgeprägt. Internationale Expertengremien betonen deshalb, dass die ADI-Werte, die für Lebensmittelzusatzstoffe abgeleitet wurden, für Säuglinge bis zu einem Alter von 12 bzw. 16 Wochen nicht ohne weitere Prüfung anwendbar sind. ADI steht für „Acceptable Daily Intake“ und gibt die Menge eines Stoffes an, die lebenslang bezogen auf das Körpergewicht täglich aufgenommen werden kann, ohne dass unerwünschte gesundheitliche Wirkungen zu erwarten sind.

Das BfR ist der Auffassung, dass die Überlegungen, die im Zusammenhang mit Lebensmittelzusatzstoffen in Säuglingsnahrung angestellt werden, auch für die Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsnahrung gelten sollten. Aus Sicht des BfR sollten Aromastoffe deshalb nicht zur Herstellung von Säuglingsanfangsnahrung und von Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge in den ersten 16 Wochen verwendet werden. Sofern in Ausnahmefällen eine Verwendung dennoch für notwendig erachtet wird, bedarf das ebenso wie bei der Verwendung von Zusatzstoffen einer Einzelfallbewertung.

Zudem gibt es Hinweise, dass sensorische Erfahrungen in der Säuglingszeit die Geschmacksentwicklung beeinflussen und damit auch Auswirkungen auf spätere Lebensmittelpräferenzen haben könnten. Die derzeitige Datenlage reicht jedoch nicht aus, um die Folgen der Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsnahrung auf das spätere Ernährungsverhalten und damit verbundene gesundheitliche Risiken zu bewerten.

1 Gegenstand der Bewertung

Der europäische Diätverband (IDACE; seit 2013: SNE) vertrat in einer dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) vorgelegten Stellungnahme die Auffassung, dass die Verwendung von Aromastoffen in Säuglings- und Kleinkindernahrung allgemein, aber insbesondere in Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge und Kleinkinder (*Foods for Special Medical Purposes for infants and young children*) erlaubt sein sollte, um die Akzeptanz solcher Lebensmittel bei Säuglingen und Kleinkindern zu gewährleisten und die Entwicklung des Geschmacks- und Geruchssinns in der frühen Kindheit zu fördern.

Gemäß der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 872/2012¹ vom 1. Oktober 2012 dürfen Aromastoffe², die in der so genannten „Unionsliste“³ der Aromen und Ausgangsstoffe aufgeführt sind, in den Mitgliedsstaaten der EU verwendet werden, sofern nicht besondere Einschränkungen festgelegt sind.

Im Erwägungsgrund (27) der Verordnung wird angekündigt, dass die Verwendung von Aromen und Ausgangsstoffen in diätetischen Lebensmitteln für Säuglinge künftig im Rahmen besonderer Vorschriften harmonisiert wird und die Mitgliedstaaten bis dahin in diesem Bereich strengere nationale Bestimmungen anwenden können als die in der Liste der Aromastoffe gemäß Artikel 2 Absatz 2 der Verordnung (EG) Nr. 2232/96 genannten.

Analog dazu sieht der Artikel 9 der Verordnung (EU) 872/2012 vor, dass „Mitgliedstaaten [...] nationale Bestimmungen anwenden [können], die hinsichtlich der Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsanfangsnahrung, Folgenahrung, Getreidebeikost und andere Beikost sowie diätetischen Lebensmitteln für Säuglinge und Kleinkinder für besondere medizinische Zwecke gemäß der Richtlinie 2009/39/EG strenger sind als Teil A der Unionsliste. Diese nationalen Maßnahmen müssen unbedingt sicherstellen, dass die Verbraucherinnen und Verbraucher ausreichend geschützt werden, und zur Erreichung dieses Ziels verhältnismäßig sein.“

Im Rahmen des *Codex Alimentarius* ist durch den Standard für Säuglingsanfangsnahrung und Formulanahrung für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge⁴ geregelt, dass in diesen beiden Produktkategorien nur Zusatzstoffe enthalten sein dürfen, die im Standard selbst oder in den *Advisory Lists of Nutrient Compounds for Use in Foods for Special Dietary Uses intended for Infants and Young Children*⁵ aufgeführt sind. Ferner erlaubt der Codex-Standard für verarbeitete getreidebasierte Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder⁶ (CODEX STAN 074-1981; Rev. 1-2006) die Verwendung von natürlichen Fruchtextrakten, Vanilleextrakt (entsprechend guter Herstellerpraxis – GMP) sowie Ethylvanillin und Vanillin in Konzentrationen von max. 7 mg/100 g verzehrfertiges Produkt.

Entsprechend einem Konsensuspapier des Netzwerks „Gesund ins Leben – Netzwerk Junge Familie“, in dem medizinische Fachgesellschaften, Berufsverbände und Institutionen mit Expertise auf dem Gebiet der Säuglings- und Kleinkindernahrung vertreten sind, soll der Zusatz von Salz und ein starker Süßgeschmack bei der Lebensmittelauswahl im Beikostalter von Säuglingen vermieden werden (Koletzko et al., 2016).

¹ DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 872/2012 DER KOMMISSION vom 1. Oktober 2012 zur Festlegung der Liste der Aromastoffe gemäß der Verordnung (EG) Nr. 2232/96 des Europäischen Parlaments und des Rates, zur Aufnahme dieser Liste in Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1565/2000 der Kommission und der Entscheidung 1999/217/EG der Kommission (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:267:0001:0161:DE:PDF>; letzter Zugriff: 13.10.2020).

² Definition des Begriffs „Aromastoff“ (VERORDNUNG (EG) Nr. 1334/2008): chemisch definierter Stoff mit Aromaeigenschaften (<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0034:0050:de:PDF>; letzter Zugriff: 13.10.2020).

³ Die Unionsliste basiert auf den Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 2232/96, die eine Positivliste der Aromastoffe vorsieht, die von den Mitgliedsstaaten mitgeteilt wurden und ein besonderes Bewertungsverfahren durchlaufen haben.

⁴ STANDARD FOR INFANT FORMULA AND FORMULAS FOR SPECIAL MEDICAL PURPOSES INTENDED FOR INFANTS (CODEX STAN 72 – 1981, Rev. 2007) (http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B72-1981%252FCXS_072e.pdf; letzter Zugriff: 13.10.2020).

⁵ Advisory Lists of Nutrient Compounds for the Use in Foods for Special Dietary Uses intended for Infants and Young Children (CAC/GL 10-1979; Adopted in 1979. Amendment: 1983, 1991, 2009 and 2015; Revision: 2008) (file:///C:/Temp/CXG_010e_2015.pdf; letzter Zugriff: 13.10.2020).

⁶ CODEX STANDARD FOR PROCESSED CEREAL-BASED FOODS FOR INFANTS AND YOUNG CHILDREN (CODEX STAN 74-1981; Rev. 1-2006) ([file:///C:/Temp/cxs_074e%20\(1\).pdf](file:///C:/Temp/cxs_074e%20(1).pdf); letzter Zugriff: 13.10.2020).

Vor diesem Hintergrund hat das BfR aus Sicht der Risikobewertung Stellung genommen zur Verwendung von Aromastoffen⁷ in Säuglingsanfangs- und Folgenahrung sowie in Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge und Kleinkinder.

2 Ergebnis

Das BfR sieht keinen Nutzen in der Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsanfangs- und Folgenahrung – weder zur Verbesserung der Geschmacksakzeptanz, noch zur Förderung der Geschmacksentwicklung.

Im Gegensatz zu Muttermilch, die einen variablen, durch das Ernährungsumfeld der Mutter geprägten Geschmack hat, ist industrielle Säuglingsnahrung in jedem Fall ein geschmacklich standardisiertes Produkt, das auch bei Zusatz einzelner Aromastoffe nicht die Geschmacksvielfalt bieten kann, die gestillte Säuglinge erleben. Daher ist es aus Sicht des BfR von besonderer Bedeutung, dass Säuglinge in den ersten Lebensmonaten gestillt werden und stillende Mütter sich abwechslungsreich ernähren.

Die verfügbaren Studienergebnisse deuten darauf hin, dass auch hydrolysierte Säuglingsnahrungen, die im Allgemeinen etwas bitter schmecken, von Säuglingen gut akzeptiert werden, wenn mit der Fütterung innerhalb der ersten drei Lebensmonate begonnen wird. Probleme mit der Akzeptanz kann es jedoch geben, wenn Indikationen für die Verwendung extensiv hydrolysierter Nahrung erst nach diesem Alter gestellt werden.

Es gibt Hinweise darauf, dass unterschiedliche sensorische Eigenschaften von Säuglingsnahrung die Geschmacksentwicklung der Kinder beeinflussen und damit auch Auswirkungen auf spätere Lebensmittelpräferenzen haben könnten. Die Datenlage reicht jedoch nicht aus, um langfristige Auswirkungen von frühkindlichen Geschmackserlebnissen auf das Ernährungsverhalten und die Gesundheit (Übergewicht und Folgeerkrankungen) einschätzen zu können.

Säuglinge sind in den ersten Lebensmonaten besonders empfindlich. Das FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) und das frühere European Commission Scientific Committee on Food (SCF) hatten daher betont, dass ADI-Werte für Lebensmittelzusatzstoffe nicht für Säuglinge bis zu einem Alter von 12 Wochen anwendbar sind. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) betrachtet die ersten 16 Wochen als die Lebensphase, in der gesundheitsbezogene Richtwerte nicht ohne weiteres anwendbar sind – und begründet dies mit besonderen physiologischen sowie Entwicklungs- und Ernährungsaspekten (EFSA 2017).

Das BfR ist der Auffassung, dass die für Lebensmittelzusatzstoffe angestellten Überlegungen auch für Aromastoffe gelten sollten. Aus Sicht des BfR sollten Aromastoffe deshalb grundsätzlich nicht zur Herstellung von Säuglingsanfangsnahrung und von Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge in den ersten 16 Wochen verwendet werden. Sofern in Ausnahmefällen eine Verwendung dennoch für notwendig erachtet wird, bedarf das ebenso wie bei der Verwendung von Zusatzstoffen einer Einzelfallbewertung.

⁷ „Aromastoff“ im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 1334/2008, Artikel 3 (2) b) ist ein chemisch definierter Stoff mit Aromaeigenschaften (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0034:0050:de:PDF>, letzter Zugriff: 13.10.2020).

3 Begründung

3.1 Begriffsbestimmungen (nach Verordnung (EU) Nr. 609/2013⁸):

Säuglinge	Kinder unter zwölf Monaten
Kleinkinder	Kinder zwischen 1 Jahr und 3 Jahren
Säuglingsanfangsnahrung	Lebensmittel, die für die besondere Ernährung von Säuglingen während der ersten Lebensmonate bestimmt sind und für sich allein den Ernährungserfordernissen dieser Säuglinge bis zur Einführung angemessener Beikost entsprechen; Säuglingsanfangsnahrung ist auch nach Einführung von Beikost (ab 5. oder 7. Monat) als zusätzliche Nahrung bis zum Ende des ersten Lebensjahres geeignet.
Folgenahrung	Lebensmittel, die für die besondere Ernährung von Säuglingen ab Einführung einer angemessenen Beikost bestimmt sind und den größten flüssigen Anteil einer nach und nach abwechslungsreicheren Kost für diese Säuglinge darstellen
Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke (bislang in Deutschland auch als „bilanzierte Diät“ bezeichnet)	Erzeugnisse, die auf besondere Weise verarbeitet oder formuliert und für die diätetische Behandlung von Patienten bestimmt sind. Sie dienen der ausschließlichen oder teilweisen Ernährung von Patienten mit eingeschränkter, behinderter oder gestörter Fähigkeit zur Aufnahme, Verdauung, Resorption, Verstoffwechslung oder Ausscheidung gewöhnlicher Lebensmittel oder bestimmter darin enthaltener Nährstoffe oder ihrer Metaboliten oder der Ernährung von Patienten mit einem sonstigen medizinisch bedingten Nährstoffbedarf, für deren diätetische Behandlung eine Modifizierung der normalen Ernährung, andere Lebensmittel für eine besondere Ernährung oder eine Kombination aus beiden nicht ausreichen
Beikost	Lebensmittel außer Milch, die den besonderen Ernährungsanforderungen gesunder Säuglinge und Kleinkinder entsprechen und die zur Ernährung von Säuglingen während der Entwöhnungsperiode und zur Ernährung von Säuglingen und Kleinkindern während der allmählichen Umstellung auf normale Kost bestimmt sind

⁸ Verordnung (EU) Nr. 609/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Juni 2013 über Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder, Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke und Tagesrationen für gewichtskontrollierende Ernährung und zur Aufhebung der Richtlinie 92/52/EWG des Rates, der Richtlinien 96/8/EG, 1999/21/EG, 2006/125/EG und 2006/141/EG der Kommission, der Richtlinie 2009/39/EG des Europäischen Parlaments und des Rates sowie der Verordnungen (EG) Nr. 41/2009 und (EG) Nr. 953/2009 des Rates und der Kommission (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0609>; letzter Zugriff: 13.10.2020).

3.2 Notwendigkeit bzw. Nutzen der Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsanfangs- und Folgenahrung sowie in Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge und Kleinkinder

Entsprechend einem FAO/WHO-Meeting Report aus dem Jahr 1971, der die Basis für eine Stellungnahme des Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) für die Verwendung von Zusatzstoffen in Säuglingsanfangsnahrung war, sind Aromastoffe und Geschmacksverstärker in Säuglingsanfangsnahrung nicht notwendig („*These are not necessary in infant formulas*“) (WHO, 1972).

Der Nutzen der Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsanfangsnahrung, Folgenahrung und Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge und Kleinkinder für die Verbesserung der Akzeptanz wird im Folgenden auf der Basis der aktuellen wissenschaftlichen Literatur für die jeweiligen Ziel- und Produktgruppen separat diskutiert.

Für gesunde Säuglinge, die nicht gestillt werden (können), steht Säuglingsanfangsnahrung zur Verfügung, die auf Basis von Kuhmilch-, Ziegenmilch- oder Sojaprotein hergestellt wird. Für Säuglinge mit einem erhöhten Allergierisiko werden zudem Produkte auf der Basis eines partiellen Proteinhydrolysats (hypoallergene Nahrung; HA-Nahrung) angeboten.

Folgenahrung, die für Säuglinge frühestens ab dem Zeitpunkt der Beikostfütterung geeignet ist, wird ebenfalls auf Kuhmilch-, Ziegenmilch- oder Sojaproteinbasis hergestellt.

Säuglingsanfangs- und Folgenahrung fallen unter den Anwendungsbereich der Verordnung (EU) Nr. 609/2013⁸. Artikel 15 der Verordnung sieht vor, dass Lebensmitteln dieser Kategorien nur die Stoffe zugesetzt werden dürfen, die in der „Unionsliste“ in der Anlage zu dieser Verordnung aufgeführt sind. Spezielle Zusammensetzungsanforderungen sind in der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 2016/127 für Säuglingsanfangs- und Folgenahrung geregelt.

Zur Aussage des europäischen Diätverbands, Aromastoffe seien für die Akzeptanz von Säuglingsanfangs- und Folgenahrung notwendig (IDACE, 2010), nimmt das BfR wie folgt Stellung:

Muttermilch hat einen sehr individuellen, überwiegend süßen Geschmack und enthält eine Vielzahl von Geschmackstoffen aus der mütterlichen Ernährung, durch die gestillte Säuglinge eine breite Geschmacksvielfalt erleben. Säuglingsnahrungen weisen hingegen in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und dem Herstellungsprozess einen produktionspezifischen, aber konstanten Geschmack auf. So schmecken kuhmilchbasierte Nahrungen leicht süß, sauer oder ‘getreideähnlich’; sojabasierte Nahrungen weisen eine Kombination aus süß, sauer und bitter auf, und hydrolysierte Nahrungen schmecken und riechen sauer oder bitter (Cook und Sarett, 1982 zit. in: Mennella und Ventura, 2011).

Aus Sicht des BfR besteht bei Verwendung üblicher Säuglingsanfangs- oder Folgenahrung kein Grund zu der Annahme, dass es dabei bei Säuglingen zu Akzeptanzproblemen kommen könnte. Dem BfR liegen diesbezüglich auch keine Hinweise vor.

Vorstellbar ist, dass Säuglinge, die von Geburt an mit Muttermilch ernährt wurden, im Falle einer (notwendigen) Umstellung auf oder Zufütterung von industriell hergestellter Säuglingsnahrung, darauf ablehnend reagieren. Da es jedoch normalerweise nicht notwendig ist, gestillte Säuglinge zusätzlich mit Säuglingsnahrung zu ernähren oder ab einem bestimmten Zeitpunkt von Muttermilch auf eine Säuglingsnahrung umzustellen, lassen sich diese Akzep-

tanzprobleme am ehesten vermeiden, indem mindestens in den ersten vier Lebensmonaten ausschließlich gestillt und auch nach Einführung von Beikost weiter gestillt wird.

Sofern in besonderen Situationen eine Fütterung bzw. Zufütterung von industriell hergestellter Säuglingsnahrung erforderlich sein sollte, kann die Akzeptanz gegebenenfalls durch wiederholte Fütterungsversuche oder durch Mischen der Nahrung mit Muttermilch erhöht werden.

3.2.1 Verwendung von Aromastoffen in Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge mit medizinischer Indikation

Für die Ernährung von kranken Säuglingen – zum Beispiel bei einer manifesten Kuhmilchallergie, schweren Malabsorptionssyndromen oder angeborenen Stoffwechselerkrankungen wie Phenylketonurie (PKU) – sind Spezialnahrungen auf Basis von extensiv hydrolysierten Proteinen (Molkenprotein, Casein oder einer Mischung daraus) oder Aminosäuremischungen erforderlich. Diese Nahrungen zählen zu den Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke. Auch sie unterliegen der Verordnung (EU) Nr. 609/2013⁸. Spezielle Zusammensetzungsanforderungen sind in der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 2016/128 geregelt.

Hydrolysierte Säuglingsnahrungen enthalten – in Abhängigkeit vom Grad der Hydrolyse – Oligopeptide und/oder Aminosäuren und haben für Personen, die zuvor keinen Kontakt damit hatten, einen ausgeprägt bitteren und/oder sauren Geschmack und einen unangenehmen Geruch (Cook und Sarett, 1982 zit. in: Mennella und Ventura, 2011). Für kranke Säuglinge, die darauf angewiesen sind, mit einer hydrolysierten Säuglingsnahrung ernährt zu werden, ist eine gute Akzeptanz lebenswichtig.

Es ist bekannt, dass es genetisch bedingte Unterschiede in der Wahrnehmung von bitterem Geschmack gibt (z.B. El-Sohehy et al., 2007; Kim und Drayna, 2004). Bei Säuglingen ist jedoch das sensorische System noch nicht vollständig entwickelt, so dass sie sich insgesamt in ihrer Geschmackswahrnehmung (wie auch der Wahrnehmung von anderen sensorischen Reizen) von Erwachsenen unterscheiden (Mennella, 1999; Mennella et al., 2005a). Schwartz et al. (2009) berichteten, dass Säuglinge im Alter von 3, 6 und 12 Monaten gegenüber Bittergeschmack (in Mineralwasser gelöster Harnstoff) ein ablehnendes Verhalten zeigten, das jedoch im Alter von 3 und 12 Monaten beim Vergleich mit Wasser nicht zu einem reduzierten Trinkvolumen führte. Gegenüber saurem Geschmack (in Mineralwasser gelöste Zitronensäure) reagierten die untersuchten Säuglinge nur im Alter von 3 Monaten mit einem geringfügig reduzierten Trinkvolumen, obwohl das Verhalten insgesamt in allen Altersgruppen auf Ablehnung des sauren Geschmacks hindeutete.

Angesichtes der Vielzahl von bitter schmeckenden chemischen Verbindungen, die über etwa 30 bisher identifizierte Bitter-Rezeptoren wahrgenommen werden (Meyerhof, 2005b), können aus der Akzeptanz oder Ablehnung einer Bittersubstanz nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf andere Substanzen gezogen werden. Darüber hinaus kann aus Reaktionen gegenüber Einzelsubstanzen nicht auf die Akzeptanz einer vollständigen Nahrung geschlossen werden. Auch sind interindividuelle Unterschiede (Schwartz et al., 2009) und eine mögliche Modifizierung der Geschmacksreaktionen durch wiederholte Stimulierung zu berücksichtigen (Birch, 1998b; Scaglioni et al., 2008; Mennella und Beauchamp, 1996b; Myers und Sclafani, 2006).

In epidemiologischen Studien mit extensiv hydrolysierten Säuglingsnahrungen wurde beobachtet, dass Säuglinge diese gut akzeptierten, wenn mit der Fütterung in den ersten drei Lebensmonaten begonnen wurde (z.B. Mennella und Beauchamp, 1996a; Liem und Mennella, 2002; Mennella et al., 2004; Mennella et al., 2003; Mennella et al., 2011). So verglichen

Mennella und Beauchamp (2005b) die Akzeptanz von zwei unterschiedlichen hydrolysierten Nahrungen bei Säuglingen im Alter zwischen 5 und 11 Monaten und stellten fest, dass Säuglinge, die zuvor ausschließlich kuhmilchbasierte Säuglingsnahrung erhalten hatten, die hydrolysierte Nahrung ablehnten, während diejenigen, die bereits in der Vergangenheit mit hydrolysierte Nahrung ernährt worden waren, keine Akzeptanzprobleme hatten. Bei Letzteren wurde ferner beobachtet, dass die Hydrolysatnahrung bevorzugt wurde, mit der die Säuglinge bereits ernährt worden waren und an die sie sich somit gewöhnt hatten. Dies deutet darauf hin, dass sich eine spezifische Geschmackspräferenz in Abhängigkeit von einem bereits erfahrenen Geschmacksprofil entwickelt. Auch Mennella et al. (2011) beobachteten bei Säuglingen im Alter von 1,5 und 3,5 Monaten, dass hydrolysierte Säuglingsnahrung zunächst weniger gut akzeptiert wurde, wenn die Säuglinge zuvor noch keinen Kontakt damit hatten. Innerhalb eines Monats nach Beginn der Fütterung war jedoch in beiden Gruppen eine Gewöhnung an den Geschmack zu beobachten, die bei den jüngeren Säuglingen deutlicher und dauerhafter war als bei den älteren. Säuglinge, die mit 3,5 Monaten erstmals mit hydrolysierte Nahrung konfrontiert wurden, gewöhnten sich zwar daran, zeigten jedoch im Alter von 7,5 Monaten wieder eine geringere Akzeptanz als diejenigen, die bereits im Alter von 1,5 Monaten erstmals exponiert waren. Darüber hinaus wurde beobachtet, dass Säuglinge, die über die gesamten ersten 7 Monate hydrolysierte Nahrung erhalten hatten, diese im Alter von 7,5 Monaten am besten akzeptierten (Mennella et al., 2003; Mennella et al., 2011).

In einer weiteren Studie von Owada et al. (2000) wurde bei 88 Kindern im Alter von unter 18 Monaten bis zu 17 Jahren, von denen etwa die Hälfte (54,5 %) Phenylketonurie (PKU) hatte, die Akzeptanz einer herkömmlichen Aminosäuremischung zur Ernährung bei PKU gegenüber einer schmackhafteren neuen Nahrung für Phenylketonurie (PKU)-Patienten untersucht. Dabei zeigte sich, dass bei den Kindern unter 18 Monaten 91 % der PKU-Kinder und 67 % der Gesunden keine der beiden Nahrungen eindeutig bevorzugten oder ablehnten. Bei den Kindern zwischen 18 Monaten und 11 Jahren zeigten 67 % der PKU-Kinder und nur 5 % der Gesunden keine besondere Präferenz gegenüber einer der beiden Nahrungen, während 29 % der PKU-Kinder sogar die gewöhnliche Aminosäuremischung gegenüber der neuen Nahrung präferierten. In der Altersgruppe zwischen 11 und 17 Jahren bevorzugten 85 % der PKU-Patienten die neue Nahrung und nur noch 15 % die Aminosäuremischung. Auch diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Geschmackspräferenzen im Säuglingsalter noch weniger ausgeprägt sind als im späteren Leben.

Aus den verfügbaren Daten lässt sich ableiten, dass die Ernährung mit Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke im Allgemeinen von Säuglingen und auch älteren Kindern gut akzeptiert wird, wenn mit der Fütterung innerhalb der ersten drei Lebensmonate begonnen wurde. Werden diese erst nach dem Alter von drei Monaten notwendig (wenn Indikationen für die Verwendung erst nach diesem Alter gestellt wurden), kann es zu Akzeptanzproblemen kommen. Die Akzeptanz lässt sich in diesen Fällen durch wiederholte Fütterung verbessern. Dem BfR sind keine Studien bekannt, in denen untersucht wurde, ob hydrolysierte (Säuglings-)Nahrungen nach Zusatz von Aromastoffen besser akzeptiert werden.

3.2.2 Verwendung von Aromastoffen zur Förderung der Entwicklung des Geschmacks- und Geruchssinns

Zu der Aussage des europäischen Diätverbands, Aromastoffe in Säuglingsnahrung würden die Entwicklung des Geschmacks- und Geruchssinns fördern (IDACE, 2010), nimmt das BfR wie folgt Stellung:

Geschmacksvorlieben und daraus folgende Lebensmittelpräferenzen sind zum Teil genetisch bedingt und werden darüber hinaus durch soziale und Umweltfaktoren beeinflusst (Drewnowski und Rock, 1995; Negri et al., 2012; Feeney et al., 2011; Lipchock et al., 2011; Ventura und Worobey, 2013). So haben Säuglinge eine angeborene Geschmackspräferenz für süß und umami⁹, die biologisch durch Bevorzugung von energie- und proteinreichen Lebensmitteln erklärt wird. Zum anderen haben sie eine angeborene Aversion gegenüber bitter und sauer (z. B.: Lawless, 1985; Bartoshuk und Beauchamp, 1994; De Graaf und Zandstra, 1999; Liem und Mennella, 2002; Meyerhof et al., 2005a; Ventura und Worobey, 2013), die durch das Wahrnehmen/Erlernen von Geschmack aus der Umwelt – intrauterin durch die Inhalation und das Schlucken von Fruchtwasser und nach der Geburt durch die Ernährung mit Muttermilch oder industriell hergestellter Säuglingsnahrung (Ventura und Worobey, 2013) – beeinflusst werden.

Gestillte Säuglinge sind in der Beikostphase eher bereit, die ihnen angebotenen Lebensmittel zu akzeptieren (Maier et al., 2005; Mennella und Trabulsi, 2012; Mennella und Castor, 2012; Galloway et al., 2003; Schwartz et al., 2012; Schwartz et al., 2013; Mennella et al., 2005a) als mit industrieller Säuglingsnahrung ernährte Säuglinge. Auch probieren Kleinkinder, die im Säuglingsalter gestillt wurden, bereitwilliger neue Lebensmittel aus und akzeptieren diese eher als Kinder, die nicht gestillt wurden (Hausner et al., 2010; Nicklaus, 2009). Das könnte darauf zurückzuführen sein, dass Säuglinge beim Stillen eine Vielzahl von Geschmackstoffen aus der mütterlichen Ernährung kennenlernen, während Säuglinge, die nicht gestillt wurden, nur den im Vergleich zu Muttermilch weniger vielfältigen Geschmack von Säuglingsnahrung erleben. Darüber hinaus haben aber offenbar auch der Zeitpunkt der Einführung von fester Nahrung, die Art und Vielfalt der Nahrung und die Häufigkeit des Angebots von neuen Lebensmitteln einen Einfluss auf deren Akzeptanz und auf die Entwicklung von Lebensmittelpräferenzen (Birch et al., 1998a; Mennella und Trabulsi, 2012; Burnier et al., 2011; Nicklaus, 2011; Spill et al., 2019).

In einer Reihe von Untersuchungen wurde festgestellt, dass auch Säuglinge, die mit Säuglingsnahrung ernährt werden, aufgrund der spezifischen sensorischen Eigenschaften dieser Nahrungen Geschmackserlebnisse haben, die noch nach Jahren einen Einfluss auf die Geschmackspräferenzen haben können (Schuett et al., 1980; Schuett et al., 1985; Mennella et al., 2004; Beauchamp und Mennella, 2009; Mennella und Ventura, 2011; Mennella und Beauchamp, 2002; Mennella und Beauchamp, 2005). So wurde beobachtet, dass Kinder, die in den ersten Lebensmonaten mit einer hydrolysierten Säuglingsnahrung ernährt worden waren, in der Beikostzeit eher bitter schmeckende Gemüse akzeptierten und im Alter von 4 bis 5 Jahren eher sauren Geschmack präferierten (Mennella et al., 2009; Mennella und Beauchamp, 2002; Liem und Mennella, 2002; Mennella et al., 2004; Mennella et al.; 2006). Auch zeigten Kinder im Alter von 4 bis 5 oder 10 Jahren keine Abneigung gegenüber dem Geschmack von hydrolysierte Säuglingsnahrung, wenn sie als Säuglinge damit ernährt worden waren (Mennella und Beauchamp, 2002; Sausenthaler et al., 2010).

Es gibt nur wenige Studien, in denen die Auswirkungen des Verzehrs von aromatisierter Säuglingsnahrung auf das Trink-/Ernährungsverhalten von Säuglingen untersucht wurden. Mennella und Beauchamp (1996b) beobachteten, dass Säuglinge auf Vanillearoma in Mut-

⁹ Umami ist die Bezeichnung für einen Geschmackseindruck, der vor allem durch die Aminosäure Glutaminsäure vermittelt wird.

termilch (durch mütterlichen Verzehr von Vanillearoma) reagierten, indem sie signifikant länger an der Brust saugten und mehr Milch tranken als eine Kontrollgruppe. Auch mit Vanille aromatisierte industrielle Säuglingsnahrung, die Säuglingen jeweils für 60 Sekunden im Wechsel mit nicht aromatisierter Nahrung angeboten wurde, wurde in größeren Mengen sowie mit höherer Saugstärke und -amplitude getrunken (Mennella und Beauchamp, 1996b). In einer weiteren Untersuchung wurde eine Gruppe von Säuglingen an zwei Tagen vollständig mit aromatisierter Säuglingsnahrung ernährt; eine andere Gruppe diente als Kontrollgruppe. Dabei wurde jeweils bei der ersten Flasche aromatisierter Nahrung ein signifikanter Unterschied in der Dauer des Saugens gegenüber der Kontrollgruppe beobachtet (aromatisierte Nahrung wurde langsamer getrunken); das Trinkvolumen unterschied sich jedoch nicht. Ab der zweiten Flasche waren weder in der Trinkdauer noch im -volumen Unterschiede zur Kontrollgruppe zu beobachten, was darauf hindeutet, dass schon nach relativ kurzer Zeit eine Gewöhnung an den neuen Geschmack eingetreten war (Mennella und Beauchamp, 1996b).

Nur eine Studie wurde identifiziert, in der die langfristigen möglichen Auswirkungen des Verzehrs von Säuglingsnahrung mit Vanillearoma auf die Geschmacksvorlieben im Erwachsenenalter untersucht wurden (Haller et al., 1999): In dieser Studie wurden 133 unsystematisch rekrutierte 12- bis 59-jährige Probanden gebeten, aus zwei Ketchupsorten (mit und ohne Vanillearoma) die bevorzugte auszuwählen. Zwei Drittel der Versuchspersonen, die selbst angaben, als Säuglinge nicht gestillt worden zu sein, zeigten eine stärkere Vorliebe für Ketchup mit Vanillearoma, während 30 % der Probanden, die nach eigenen Angaben nicht gestillt worden waren, keine Geschmackspräferenz zeigten. Bei den nicht gestillten Probanden wurde unterstellt, dass sie aufgrund der Verfügbarkeit von aromatisierter Säuglingsnahrung zu jener Zeit vermutlich mit einer Nahrung ernährt worden waren, die Vanillearoma enthielt. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass Geschmacksprägungen aus der frühen Kindheit zum Teil bis in das Erwachsenenalter hinein bestehen bleiben. Es wären weitere – insbesondere prospektive – Studien notwendig, um darüber zuverlässige Aussagen treffen zu können.

Dem BfR sind keine weiteren Studien bekannt, in denen mittel- oder langfristige Effekte des Verzehrs von aromatisierter Säuglingsanfangsnahrung untersucht wurden. Auch sind dem BfR keine Studien bekannt, in denen mögliche Wirkungen aromatisierter Folgenahrung auf die Geschmacksentwicklung untersucht wurden.

Mit Blick auf die vom europäischen Diätverband unterstellte positive Wirkung aromatisierter Säuglingsnahrung auf die Geschmacksentwicklung bei Kindern ist festzustellen, dass

- Säuglinge durch die spezifischen sensorischen Eigenschaften von aromatisierten Säuglingsnahrungen Geschmackserlebnisse haben, die möglicherweise noch nach Jahren einen Einfluss auf die Geschmackspräferenzen haben können.
- Säuglingsnahrung im Unterschied zu Muttermilch ein standardisiert zusammengesetztes Lebensmittel ist, das auch bei Zusatz einzelner Aromastoffe nicht die Geschmacksvielfalt bieten kann, die mit Muttermilch ernährte Säuglinge erleben. Aus Sicht des BfR erscheint es daher nicht plausibel, dass der Geschmacks- und Geruchssinn bei nicht gestillten Säuglingen durch die Ernährung mit aromatisierter Säuglingsanfangsnahrung in ähnlicher Weise gefördert werden könnte, wie der von gestillten Säuglingen durch Muttermilch.

- auf Basis der vorliegenden Studiendaten die langfristigen Auswirkungen der Exposition gegenüber Aromastoffen im frühen Säuglingsalter auf Lebensmittel- und Geschmackspräferenzen im späteren Leben nicht beurteilt werden können.

3.3 Risikobewertung aus ernährungsphysiologischer Sicht

Bei der Bewertung des Risikos der Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsanfangs- und Folgenahrung ist zu berücksichtigen, dass das Ernährungsverhalten des Menschen in hohem Maße durch angeborene und erlernte Geschmackspräferenzen bestimmt wird und es Hinweise dafür gibt, dass Geschmackspräferenzen aus der frühen Säuglingszeit das Ernährungsverhalten im späteren Leben beeinflussen können (Mennella, 2006; Beauchamp und Mennella, 2009). Auch ist bekannt, dass Ernährung und Wachstum in der Säuglingszeit einen langfristigen Effekt auf die spätere Gesundheit (z.B. Übergewicht und Adipositas sowie das Risiko für damit assoziierte Folgeerkrankungen) haben können (Koletzko et al., 2012; Forestell, 2017).

Es fehlen jedoch gut kontrollierte Langzeitstudien für ein besseres Verständnis der Entwicklung von Geschmackspräferenzen im Säuglingsalter und deren Einfluss auf das spätere Ernährungsverhalten (Nicklaus, 2017).

Auf der Basis der derzeit verfügbaren Daten lassen sich daher die langfristigen Auswirkungen der Verwendung von Aromastoffen in Säuglingsnahrung auf das Ernährungsverhalten und die Gesundheit der Bevölkerung nicht zuverlässig bewerten.

3.4 Risikobewertung aus toxikologischer Sicht

In einem FAO/WHO-Meeting Report aus dem Jahr 1971, der die Basis für eine Stellungnahme des Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) für die Verwendung von Zusatzstoffen in Säuglingsnahrung war, wurde darauf hingewiesen, dass die Detoxifizierungsmechanismen, die physiologische Barrierefunktion (Blut-Hirn-Schranke) und andere Schutzmechanismen bei Säuglingen bis zu einem Alter von 12 Wochen noch nicht voll ausgeprägt sind. Es sei deshalb ratsam, dass Lebensmittel für Säuglinge bis zu einem Alter von 12 Wochen grundsätzlich keine Zusatzstoffe enthalten (*„It is therefore prudent that foods intended for infants under 12 weeks should contain no additives at all.“*), wobei es bestimmte Ausnahmen aufgrund von technologischen Erfordernissen geben könne. In dem Report wird weiter ausgeführt, dass es wahrscheinlich sei, dass Säuglinge bis zu einem Alter von 12 Wochen einige Zusatzstoffe aufgrund der noch nicht voll ausgeprägten Metabolisierungskapazität und noch eingeschränkter Nierenfunktion akkumulieren würden. Bevor die Verwendung eines Zusatzstoffs für Säuglingsnahrung als sicher angesehen werden könne, müssten daher mit diesem Stoff zusätzliche toxikologische Studien durchgeführt werden, die auch Mehrgenerationenstudien einschließen (WHO, 1972).

Zu entsprechenden Schlussfolgerungen kamen auch die Teilnehmer eines Workshops, der am 8. und 9. Januar 1997 vom International Life Science Institute (ILSI Europe) veranstaltet wurde (Larsen und Pascal, 1998).

Auch das frühere Scientific Committee on Food (SCF) der EU-Kommission hat die JECFA-Stellungnahme von 1971 bestätigt und auf weitere Aspekte hingewiesen (SCF, 1998): So ist der pH-Wert im Magen von Neugeborenen relativ hoch und liegt erst im Alter von mehreren

Monaten im sauren Bereich. Demzufolge sind der Ionisierungsgrad von Substanzen und ihre mögliche Aufnahme und Verteilung im Körper anders als bei älteren Kindern.

Die Proteinbindung ist bei Neugeborenen gering, und entsprechend ist der Anteil nicht proteingebundener Substanzen höher als bei älteren Kindern. Außerdem ist das Immunsystem von Säuglingen in den ersten Lebensmonaten nicht voll ausgereift, und chemische Substanzen könnten seine Entwicklung beeinträchtigen. Das SCF betonte, dass Zusatzstoffe, die in Säuglingsnahrung für Säuglinge bis zu 16 Wochen (Säuglingsanfangsnahrung) verwendet werden sollen, besonders bewertet werden sollten, weil diese Phase der Exposition mit den üblichen toxikologischen Studien nicht abgedeckt wird (SCF, 1998).

Diese Aspekte sind auch in die FAO/WHO-Prüfempfehlungen für Chemikalien in Lebensmitteln (FAO/WHO guidance on the *Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food*) eingeflossen (IPCS, 2009): *“Very young infants are a particularly sensitive subgroup because their metabolic capacities are not yet fully developed. It should be noted that health-based guidance values are not considered applicable to infants under the age of 12 weeks who might be at risk at lower levels of exposure. Accordingly, risk characterization of exposure of such infants to chemicals (e.g. in infant formula or occurring as contaminants) has to be considered on a case-by-case basis. This is in accordance with similar advice in EHC 70 (IPCS, 1987), where the scientific rationale for this conclusion was originally set out. EHC 237, which provides a systematic analysis of the scientific principles to be considered in assessing health risks in children from exposures to environmental agents during distinct stages of development, is a useful reference in this regard (IPCS, 2006).”*

Im Jahr 2012 hat die European Food Safety Authority (EFSA) die Empfehlungen des JECFA und des SCF hinsichtlich der Verwendung von Lebensmittelzusatzstoffen für Säuglingsanfangsnahrung (infant formula) bestätigt (EFSA 2012). Im Jahr 2017 hat die EFSA eine Leitlinie für die Risikobewertung von Stoffen in Lebensmitteln für Säuglinge unter 16 Wochen publiziert, in der „unter 16 Wochen alte Säuglinge“ als eine Subpopulation der Bevölkerung definiert wurde, für die unter Berücksichtigung von besonderen physiologischen Aspekten sowie Entwicklungs- und Ernährungsaspekten gesundheitliche Richtwerte wie z. B. ADI-Werte als nicht ohne weiteres anwendbar angesehen werden (EFSA, 2017).

Das BfR ist der Auffassung, dass die gleichen Überlegungen, die das JECFA (WHO, 1972), das frühere SCF (1998) und die EFSA (2012 und 2017) bewogen haben zu betonen, dass ADI-Werte, die für Lebensmittelzusatzstoffe abgeleitet wurden, für Säuglinge im Alter bis zu 12 bzw. 16 Wochen nicht bzw. nicht ohne weitere Prüfung anwendbar sind, auch für Aromastoffe gelten sollten. Aus Sicht des BfR sollten Aromastoffe deshalb grundsätzlich nicht zur Herstellung von Säuglingsanfangsnahrung und von Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge in den ersten vier Monaten verwendet werden. Sofern in Ausnahmefällen eine Verwendung dennoch für notwendig erachtet wird, bedarf das ebenso wie bei der Verwendung von Zusatzstoffen einer Einzelfallbewertung.

4 Handlungsrahmen/Empfehlung

Das BfR sieht keinen Nutzen und daher auch keine Notwendigkeit für den Einsatz von Aromastoffen in Säuglingsanfangs- oder Folgenahrung, weder zur Verbesserung der Geschmacksakzeptanz noch zur Förderung der Geschmacksentwicklung.

Die verfügbaren Studienergebnisse deuten ferner darauf hin, dass auch Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke ohne Zusatz von Aromastoffen im Allgemeinen gut akzeptiert werden, insbesondere dann, wenn mit der Fütterung in den ersten Lebensmonaten begonnen wird.

Aus Sicht des BfR sollten Aromastoffe grundsätzlich nicht zur Herstellung von Säuglingsanfangsnahrung und von Lebensmitteln für besondere medizinische Zwecke für Säuglinge in den ersten vier Monaten verwendet werden. Sofern in Ausnahmefällen eine Verwendung dennoch für notwendig erachtet wird, bedarf das ebenso wie bei der Verwendung von Zusatzstoffen einer Einzelfallbewertung.

5 Referenzen

- Bartoshuk LM, Beauchamp GK (1994). Chemical senses. *Annu Rev Psychol.* 45: 419-449.
- Beauchamp GK, Mennella JA (2009). Early Flavor Learning and Its Impact on Later Feeding Behavior. *JPGN* 48: 25-30.
- Birch LL (1998a). Development of food acceptance patterns in the first years of life. *Proc Nutr Soc.* 57: 617-624.
- Birch LL, Gunder L, Grimm-Thomas K, Laing DG (1998b). Infants' consumption of a new food enhances acceptance of similar foods. *Appetite* 30: 283-95.
- Burnier D, Dubois L, Girard M (2011). Exclusive breastfeeding duration and later intake of vegetables in preschool children. *Eur J Clin Nutr.* 65: 196-202.
- Cook DA, Sarett HP. Design of infant formulas for meeting normal and special need. *Pediatric nutrition: infant feeding, deficiencies, disease.* New York: Marcel Dekker, 1982.
- De Graaf C, Zandstra EH (1999). Sweetness intensity and pleasantness in children, adolescents, and adults. *Physiol Behav.* 67: 513-520.
- Drewnowski A, Rock CL (1995). The influence of genetic taste markers on food acceptance. *Am J Clin Nutr.* 62: 506–511.
- EFSA (2012). EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS); Guidance for submission for food additive evaluations. *EFSA Journal* 10: 2760. 60 pp. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2760.htm> (letzter Zugriff: 13.10.2020).
- EFSA (2017). Scientific Committee, Hardy A, Benford D, Halldorsson T, Jeger MJ, Knutsen HK, More S, Naegeli H, Noteborn H, Ockleford C, Ricci A, Rychen G, Schlatter JR, Silano V, Solecki R, Turck D, Bresson J-L, Dusemund B, Gundert-Remy U, Kersting M, Lambre C, Penninks A, Tritscher A, Waalkens-Berendsen I, Woutersen R, Arcella D, Court Marques D, Dorne J-L, Kass GEN and Mortensen A; Guidance on the risk assessment of substances present in food intended for infants below 16 weeks of age. *EFSA Journal* 15: 4849, 58 pp. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4849> (letzter Zugriff: 15.10.2020).
- El-Sohemy A, Stewart L, Khataan N, Fontaine-Bisson B, Kwong P, Ozsungur S, Cornelis MC (2007). Nutrigenomics of taste – impact on food preferences and food production. *Forum Nutr.* 60: 176-82.
- Forestell CA (2017). Flavor Perception and Preference Development in Human Infants. *Ann Nutr Metab.* 70 Suppl 3: 17-25.

Feeney E, O'Brien S, Scannell A, Markey A, Gibney ER (2011). Genetic variation in taste perception: does it have a role in healthy eating? *Proc Nutr Soc.* 70: 135-43.

Galloway AT, Lee Y, Birch LL (2003). Predictors and consequences of food neophobia and pickiness in young girls. *J Am Diet Assoc.* 103: 692-698.

Haller R, Rummel C, Henneberg S, Pollmer U, Köster EP (1999). The influence of early experience with vanillin on food preference later in life. *Chem Senses* 24: 465-467.

Hausner H, Nicklas S, Issanchou S, Molgaard C, Moller P (2010). Breastfeeding facilitates acceptance of novel dietary flavour compound. *Clin Nutr.* 29: 141-148.

IDACE (2010) Association of the Food Industries for Particular Nutritional Uses of the European Union. IDACE Comments on the use of Flavouring Substances in Products for Infants and Young Children. 26 October 2010.

IPCS (2009) FAO/WHO Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. Environmental health criteria 240. Chapter 7 Risk characterization. http://whqlibdoc.who.int/ehc/WHO_EHC_240_10_eng_Chapter7.pdf (letzter Zugriff: 15.10.2020).

Kim UK, Drayna D (2004). Genetics of individual differences in bitter taste perception: lessons from the PTC gene. *Clin Genet.* 67: 275-280.

Koletzko B, Brands B, Poston L, Godfrey K, Demmelmair H; Early Nutrition Project (2012). Early nutrition programming of long-term health. *Proc Nutr Soc.* 71: 371-8.

Koletzko B, Bauer CP, Cierpka M, Cremer M, Flothkötter M, Graf C, Heindl I, Hellmers C, Kersting M, Krawinkel M, Przyrembel H, Vetter K, Weißenborn A, Wöckel A (2016). Ernährung und Bewegung von Säuglingen und stillenden Frauen. Aktualisierte Handlungsempfehlungen von „Gesund ins Leben – Netzwerk Junge Familie“, eine Initiative von IN FORM. *Monatsschr Kinderheilkd.* 164: 765-789.

Larsen JC, Pascal G (1998). Workshop on the applicability of the ADI to infants and children: consensus summary. *Food Addit Contam.* 15 Suppl: 1-9.

Lawless H (1985). Sensory development in children: research in taste and olfaction. *J Am Diet Assoc.* 85: 577-582, 585.

Liem DG, Mennella JA (2002). Sweet and sour preferences during childhood: role of early experiences. *Dev Psychobiol.* 41: 388-395.

Lipchock SV, Reed DR, Mennella JA (2011). The gustatory and olfactory systems during infancy: implications for development of feeding behaviors in the high-risk neonate. *Clin Perinatol.* 38: 627-41.

Maier AS, Chabanet C, Schaal B, Leathwood PD, Issanchou SN (2005). Breastfeeding and experience with variety early in weaning increase infants' acceptance of new foods for up to two months. *Clin Nutr.* 27: 849-57.

Mennella JA, Beauchamp (1996a). Developmental Changes in the Acceptance of Protein Hydrolysate Formula. *J Dev Behav Pediatr.* 17: 386-391.

Mennella JA, Beauchamp GK (1996b). The Human Infant's Response to Vanilla Flavors in Mother's Milk and Formula. *Infant Behavior and Development* 19: 13-19.

Mennella JA. Taste and smell. In: Swaiman KF, Ashwall S, eds. *Pediatric Neurology: Principles and Practice*. 3rd ed. Philadelphia, PA: CV Mosby Company; 1999: 104-113.

Mennella JA, Beauchamp GK (2002). Flavor experiences during formula feeding are related to preferences during childhood. *Early Hum Dev*. 68: 71-82.

Mennella JA, Pepino MY, Beauchamp GK (2003). Modification of bitter taste in children. *Dev Psychobiol*. 43: 120-127.

Mennella JA, Griffin CE, Beauchamp GK (2004). Flavor programming during infancy. *Pediatrics* 113: 840-845.

Mennella JA, Pepino MY, Reed DR (2005a). Genetic and environmental determinants of bitter perception and sweet preferences. *Pediatrics* 115: e216-22

Mennella JA, Beauchamp GK (2005b). Understanding the origin of flavor preferences. *Chem Senses* 30 Suppl 1: i242-243.

Mennella JA, Kennedy JM, Beauchamp GK (2006). Vegetable acceptance by infants: effects of formula flavors. *Early Hum Dev*. 82: 463-468.

Mennella JA (2006). Development of food preferences: Lessons learned from longitudinal and experimental studies. *Food Qual Prefer*. 17: 635-637.

Mennella JA, Lukasewycz LD, Castor SM, Beauchamp GK (2011). The timing and duration of a sensitive period in human flavor learning: a randomized trial. *Am J Clin Nutr*. 93: 1019-24.

Mennella JA, Castor SM (2012). Sensitive period in flavor learning: effects of duration of exposure to formula flavors on food likes during infancy. *Clin Nutr*. 31: 1022-5.

Mennella JA, Trabulsi JC (2012). Complementary foods and flavor experiences: setting the foundation. *Ann Nutr Metab*. 60 Suppl 2: 40-50.

Mennella JA, Forestell CA, Morgan LK, Beauchamp GK (2009). Early milk feeding influences taste acceptance and liking during infancy. *Am J Clin Nutr*. 90: 780S-788S.

Mennella JA, Ventura AK (2011). Early feeding: setting the stage for healthy eating habits. *Nestle Nutr Workshop Ser Pediatr Program* 68: 153-63.

Meyerhof W, Behrens M, Brockhoff A, Bufe B, Kuhn C (2005a). Human bitter taste perception. *Chem Senses* 30 Suppl 1: i14-15.

Meyerhof W (2005b). Elucidation of mammalian bitter taste. *Rev Physiol Biochem Pharmacol*. 154: 37-72.

Myers KP, Sclafani A (2006). Development of learned flavor preferences. *Dev Psychobiol*. 48: 380-388.

Negri R, Di Feola M, Di Domenico S, Scala MG, Artesi G, Valente S, Smarrazzo A, Turco F, Morini G, Greco L (2012). Taste perception and food choices. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 54: 624-9.

Nicklaus S (2009). Development of food variety in children. *Appetite* 52: 253-255.

Nicklaus S (2011). Children's acceptance of new foods at weaning. Role of practices of weaning and of food sensory properties. *Appetite* 57: 812-5.

Nicklaus S (2017). The Role of Dietary Experience in the Development of Eating Behavior during the First Years of Life. *Ann Nutr Metab.* 70: 241-245.

Owada M, Aoki K, Kitagawa T (2000). Taste preferences and feeding behaviour in children with phenylketonuria on a semisynthetic diet. *Eur J Pediatr.* 159: 846-850.

Sausenthaler S, Koletzko S, Koletzko B, Reinhardt D, Krämer U, von Berg A, Berdel D, Bauer CP, Grübl A, Wichmann HE, Heinrich J; GINIplus study group (2010). Effect of hydrolysed formula feeding on taste preferences at 10 years. Data from the German Infant Nutritional Intervention Program Plus Study. *Clin Nutr.* 29: 304-306.

Scaglioni S, Salvioni M, Galimberti C (2008). Influence of parental attitudes in the development of children eating behaviour. *Br J Nutr.* 99 Suppl 1: S22-25.

Schuett VE, Gurda RF, Brown ES (1980). Diet discontinuation policies and practices of PKU clinics in the United States. *Am J Public Health* 70: 498-503.

Schuett VE, Brown ES, Michals K (1985). Reinstitution of diet therapy in PKU patients from twenty-two US clinics. *Am J Public Health* 75: 39-42.

Schwartz C, Chabanet C, Laval C, Issanchou S, Nicklaus S (2013). Breast-feeding duration: influence on taste acceptance over the first year of life. *Br J Nutr.* 109: 1154-61.

Schwartz C, Chabanet C, Laval C, Issanchou S, Nicklaus S (2012). Breast-feeding duration: influence on taste acceptance over the first year of life. *Br J Nutr.* 4: 1-8.

Schwartz C, Issanchou S, Nicklaus S (2009). Developmental changes in the acceptance of the five basic tastes in the first year of life. *Br J Nutr.* 102: 1375-1385.

SCF (1998). Opinion of the Scientific Committee on Food on the applicability of the ADI (Acceptable Daily Intake) for food additives to infants (expressed on 17/09/1998). https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-12/sci-com_scf_out13_en.pdf (letzter Zugriff 13.10.2020).

Spill MK, Johns K, Callahan EH, Shapiro MJ, Wong YP, Benjamin-Neelon SE, Birch L, Black MM, Cook JT, Faith MS, Mennella JA, Casavale KO (2019). Repeated exposure to food and food acceptability in infants and toddlers: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 109 (Suppl 7): 978S-989S.

Trabulsi JC, Mennella JA (2012). Diet, sensitive periods in flavour learning, and growth. *Int Rev Psychiatry.* 24: 219-30.

Ventura AK, Worobey J (2013). Early influences on the development of food preferences. *Curr Biol.* 23: R401-8.

WHO (1972). Evaluation of food additives: some enzymes, modified starches, and certain other substances: Toxicological evaluations and specifications and a review of the technological efficacy of some antioxidants (Fifteenth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report Series, No. 488.
http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_488.pdf (letzter Zugriff: 15.10.2020).