

《婴幼儿辅食加工用大米》团体标准 编制说明

一、标准制定的背景

1.1 大米在婴幼儿谷类辅助食品中的应用情况

根据 GB 10769-2010 婴幼儿谷类辅助食品的定义，“以一种或多种谷物为主要原料，且谷物占干物质组成的 25%以上，添加适量的营养强化剂和（或）其他辅料，经加工制成的适于 6 月龄以上婴儿和幼儿食用的辅助食品”。且正在修订的 GB 10769 拟将谷物占干物质组成的比例由 25%提高到 50%。

大米是婴幼儿谷类辅助食品的主要原料之一，如婴幼儿谷物辅助食品（米粉），其占比可高达 95%（纯大米谷物来源产品）；而婴幼儿高蛋白谷物辅助食品，因高蛋白质原料（如乳清粉等）加入，大米占比有所降低，其占比可高达 87%左右；其他婴幼儿谷物辅助食品，常见产品如米饼和泡芙，大米占比分别可高达 70%和 60%左右。可见大米原料质量将直接影响这类以大米为主要原料的婴幼儿谷类辅助食品的品质。

1.2 大米限量指标要求

如下表，我国食品安全标准对大米已规范了铅、镉、砷等污染物要求及黄曲霉毒素 B₁ 和赭曲霉毒素 A 等限量，对于应用到婴幼儿辅助食品的大米，婴辅生产许可审查细则要求企业对大米进行每批次检验铅和镉项目，并对婴幼儿谷类辅助食品限制了相应污染物和真菌毒素限量。

基于婴幼儿人群特殊性，标准对婴幼儿辅助食品严于对大米的限量，如镉和黄曲霉毒素 B₁，需要企业具备一定能力管控原辅料质量安全。

现行国标与欧盟等先进地区标准比对，存在一定差异，如镉、黄曲霉毒素 B₁ 等。

指标	大米限量	监管要求	婴幼儿辅助食品限量	欧盟限量
铅, mg/kg	≤0.2	婴幼儿辅助食品生产许可审查细则第四十五条	≤0.2	≤0.2 (谷物) ≤0.02 (婴幼儿食品和加工谷物食品)
镉, mg/kg	≤0.2	婴幼儿谷类辅助食品的大米应每批次进行铅、镉项目检验。	≤0.06	≤0.15 (大米) ≤0.04 (婴幼儿食品和加工谷物食品)
无机砷, mg/kg	≤0.2	/	≤0.2 ≤0.3 (添加藻类的产	≤0.1 (专门用于生产婴幼儿食品的大米)

			品)	≤0.02 (婴儿食品)
苯并芘, μg/kg	≤2.0	/	/	/
镍, mg/kg	无	/	/	≤1.5 (大米) ≤3.0 (婴幼儿谷类加工食品)
黄曲霉毒素 B ₁ , μg/kg	≤10	/	≤0.5	≤2.0 (谷物及产品) ≤0.1 (婴儿食品和加工谷物食品)
赭曲霉毒素 A, μg/kg	≤5.0	/	/	≤5.0 (谷物及产品) ≤0.5 (婴儿食品和加工谷物食品)

1.3 制定本标准的目

国内外均无婴辅加工用大米标准，制定本标准以期提供一种婴幼儿辅助食品主要原料的管控方法，以达到提升婴幼儿辅助食品质量安全的目的。

二、主要工作过程

2.1 标准立项

2024年7月，由湖南英氏营养食品有限公司牵头，湖南农科院等科研机构和益海嘉里等粮食头部生产商，及婴幼儿谷类辅助食品生产企业代表参与，建立本标准起草组基本框架，共同探讨婴幼儿辅食加工用大米标准建立的目标和技术路径。并于9月向中国营养保健食品协会提出团体标准立项申请，经协会组织行业专家评估，予以立项。

2.2 标准编制

起草组根据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构与编写》规定的表述方法及要求，编写标准文本及编制说明，并组织起草组技术代表召开研讨会，来自起草组技术研究、法规标准、产品研发和质量管理代表，对标准技术要求等内容提出了意见和建议。并对讨论稿进行修改，完善标准制定支持材料搜集及编制说明修改完善，形成中期验收文稿。

2.3 中期验收

2024年12月在北京召开了标准中期验收评审会，来自特殊膳食食品行业5位专家，及中国营养保健食品协会对标准进行中期验收评审，起草了标准工作组讨论稿。对标准提出了意见及建议。

起草组汇总整理中期验收评审会专家意见及会上讨论问题，逐一对意见和问题充分讨论，并通过文献和数据验证，共识意见采纳和问题解决方案，修改完善标准文本和编制说明。

三、标准的主要技术内容

标准制定坚持以《中华人民共和国食品安全法》立法为宗旨，全面贯彻落实“最严谨”标准精神，依据婴幼儿食品系列标准体系建设原则和要求，以保障婴幼儿营养和健康为原则。基于相关科学依据，借鉴和参考国际组织和主要发达国家标准要求，制定本标准。

3.1 范围

本标准制定旨在为婴幼儿谷类辅助食品生产企业提供一个婴幼儿辅食加工用大米原料质量标准的参考方案，参考大米相关标准，如 GB/T 1354《大米》规定了术语和定义、分类、质量要求、检验方法、检验规则及包装、标签、储存和运输的要求，另外，为满足婴幼儿辅助食品的卫生安全要求和适用人群的特殊性，增加真菌毒素限量、污染物限量和农药残留限量要求。

因此，本文件规定了婴幼儿辅食加工用大米的术语、原料要求、加工质量指标、真菌毒素限量、污染物限量、农药残留限量、检验规则、包装、标签、储存和运输的要求。

本文件适用于供生产婴幼儿辅食加工用的大米。

3.2 规范性引用文件

GB/T 191	包装储运图示标志
GB 1350	稻谷
GB 2715	食品安全国家标准 粮食
GB 2763	食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量
GB/T 5490	粮油检验 一般规则
GB/T 5491	粮食、油料检验 扦样、分样法
GB 7718	食品安全国家标准 预包装食品标签通则
GB/T 17109	粮食销售包装
GB 28050	食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则
JJF 1070	定量包装商品净含量计量检验规则

3.3 术语和定义

婴幼儿辅食加工用大米

以稻谷为原料，经碾磨制成的供生产婴幼儿谷类辅助食品加工用的大米，包含留胚米。

3.4 技术要求

标准中各技术指标设置比对说明汇总如下表，相应指标具体情况在后续章节中详细分析。

数据对照总结表														
质量指标		GB/T 1354 大米						GB/T 42227 留胚米		团标				分析说明
品种		籼米			粳米			留胚 籼米	留胚 粳米	籼米	粳米	留胚 籼米	留胚 粳米	
等级		一级	二级	三级	一级	二级	三级	/		/		/		
留胚率/%		/						75%	80%	/		75%	80%	参照国标要求
碎米	总量/% ≤	15.0	20.0	30.0	10.0	15.0	20.0	8	4	15.0	10.0	8.0	4.0	大米参考 GB/T 1354 一级大米标准要求制定； 留胚米参考国标 GB/T 42227 要求制定。
	其中：小碎米含量/% ≤	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	0.8	0.4	1.0	1.0	0.8	0.4	
加工精度		精碾		适碾	精碾		适碾	适碾		精碾		适碾		
不完善粒含量/% ≤		3.0	4.0	6.0	3.0	4.0	6.0	3.0		3.0		3.0		
水分含量/% ≤		14.5			15.5			13.5	14.5	14.5	15.5	13.5	14.5	
杂质	总量/% ≤	0.25						0.25		0.25		0.25		
	其中：无机杂质含量/% ≤	0.02						0.02		0.02		0.02		

黄粒米含量/% ≤	1.0	0.5	0.5	0.5	可能影响婴辅产品安全性，在一级大米标准基础上加严限定。
互混率/% ≤	5.0	5.0	5.0	5.0	参考国标
霉变率/%	/	/	无霉变粒	无霉变粒	可能影响婴辅产品安全性，参考 GB 2715《粮食》、GB/T 20569，及调研数据和检验数据分析，新增或加严控制指标。
脂肪酸值 (KOH/干基) / (mg/100g) ≤	/	/	25	80	
色泽、气味	正常	米粒呈大米的正常色泽，米胚呈淡黄色，气味正常	具有产品应有的色泽、气味，无其他不良气味	米粒呈大米的正常色泽，米胚呈淡黄色，不得有油哈或其他不良气味	参考国标
真菌毒素指标		GB/T 2761	团标	分析说明	
黄曲霉毒素 B ₁ ,μg/kg ≤	10.0 (大米) ; 0.5 (婴幼儿谷类辅助食品)		0.3	从严限定，根据数据分析，及终产品限量 (0.5) 限制为 0.3 (考虑加工脱水因素)	
赭曲霉毒素 A,μg/kg ≤	5.0 (谷物)		1.0	从严限定，但目前国标 GB 5009.26 的定量限为 1.0μg/kg，基于现有检验技术水平，加严限定为≤1.0μg/kg。	
污染物指标		GB/T 2762	团标	分析说明	
铅,mg/kg ≤	0.2 (大米) ; 0.2 (婴幼儿谷类辅助食品)		0.15	铅在国标要求 0.2mg/kg 的基础上，考虑到大米与成品水分含量的差异 (以成品比大米原料的水分含量减少 10%计)，以及辅食生产过程中其它果蔬粉的带入，则婴幼儿辅食加工用大米中铅的限量加严至 0.15mg/kg。	

镉,mg/kg	≤	0.2 (大米)	0.04	参考欧盟标准【≤0.04 (婴幼儿食品)】，从严制定。
总汞,mg/kg	≤	0.02 (大米)	0.02	调研数据和检验数据分析，这些指标污染情况较轻，非主要风险来源，参照 GB 2762 执行。
无机砷, mg/kg	≤	0.2 (大米) ; ≤0.2 (婴幼儿谷类辅助食品)	0.15	无机砷在国标要求 0.2mg/kg 的基础上，考虑到大米与成品水分含量的差异（以成品比大米原料的水分含量减少 10%计），以及辅食生产过程中其它果蔬粉的带入，则婴幼儿辅食加工用大米中无机砷的限量加严至 0.15mg/kg。
铬,mg/kg	≤	1.0 (谷物)	1.0	调研数据和检验数据分析，这些指标污染情况较轻，非主要风险来源，参照 GB 2762 执行。
苯并[a]芘,μg/kg	≤	2.0 (大米)	2.0	调研数据和检验数据分析，这些指标污染情况较轻，非主要风险来源，参照 GB 2762 执行。

3.4.1 原料要求

稻谷是本标准适用产品的唯一原料，应符合 GB 1350 和 GB 2715 的规定，同时，为了最大程度减少原料带入的潜在风险，迎合消费者对添加剂使用关切，建议加工婴幼儿谷物辅助食品的原料大米不使用添加剂，另外，因婴幼儿谷类辅助食品要求不应使用经辐照处理过的原料，因此，原料要求如下：

稻谷应符合 GB 1350 和 GB 2715 的规定。

不应使用食品添加剂。

不应使用经辐照处理过的原料。

3.4.2 加工质量要求

3.4.2.1 大米

大米品种繁多，包括各类地理标志产品，现有标准为推荐性标准，列举如下表：

标准号	标准名称	质量等级和分型
GB/T 1354	大米	分型：粳米、籼米、粳糯米、籼糯米 大米质量等级：一级、二级、三级 优质大米质量等级：一级、二级、三级
GB/T 19266	地理标志产品 五常大米	优质一等、优质二等
GB/T 18824	地理标志产品 盘锦大米	特等、优质一等、优质二等
GB/T 22438	地理标志产品 原阳大米	特等、优等
GB/T 20040	地理标志产品 方正大米	特等、一等

现有标准对大米一般限定碎米含量、加工精度、不完善粒含量、水分含量、杂质、黄粒米含量、互混率、垩白度、品尝评分值、直链淀粉含量等质量指标。因大米分型及分级的不同，要求不一样，参考国标 GB/T 1354，要求如下：

品种		籼米			粳米			籼糯米		粳糯米		
等级		一 级	二 级	三 级	一 级	二 级	三 级	一 级	二 级	一 级	二 级	
碎米	总量/%	≤	15.0	20.0	30.0	10.0	15.0	20.0	15.0	25.0	10.0	15.0
	其中:小碎米含量/%	≤	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5	1.5	2.0
加工精度			精碾	精碾	适碾	精碾	精碾	适碾	精碾	适碾	精碾	适碾
不完善粒含量/%		≤	3.0	4.0	6.0	3.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
水分含量/%		≤	14.5			15.5			14.5		15.5	
杂质	总量/%	≤	0.25									
	其中:无机杂质含量/%	≤	0.02									
黄粒米含量/%		≤	1.0									
互混率/%		≤	5.0									
色泽、气味			正常									

品种		优质籼米			优质粳米			
等级		一 级	二 级	三 级	一 级	二 级	三 级	
碎米	总量/%	≤	10.0	12.5	15.0	5.0	7.5	10.0
	其中:小碎米含量/%	≤	0.2	0.5	1.0	0.1	0.3	0.5
加工精度			精碾	精碾	适碾	精碾	精碾	适碾
蛋白度/%		≤	2.0	5.0	8.0	2.0	4.0	6.0
品尝评分值/分		≥	90	80	70	90	80	70
直链淀粉含量/%			13.0~22.0			13.0~20.0		
水分含量/%		≤	14.5			15.5		
不完善粒含量/%		≤	3.0					
杂质 限量	总量/%	≤	0.25					
	其中:无机杂质含量/%	≤	0.02					
黄粒米含量/%		≤	0.5					
互混率/%		≤	5.0					
色泽、气味			正常					

从应用适用性角度，理化指标会影响大米在加工食品中的应用性能，不同的加工工艺和食品形态，所适用的大米品种、分型及理化要求会有所差异。现有标准主要用于满足米饭用米和工业加工用米两方面应用要求，而对于婴幼儿辅食加工用米，标准需更多关注大米工业加工性能及加工终产品品质。

综上，大米的质量指标应根据婴幼儿谷类辅助食品用途和特殊性，更多关注其营养健康和安全性。因此，本标准对质量指标要求，引用 GB/T 1354 大米标准中相应大米分型和质量等级对应的限量规定，并加严采用一级大米要求。同时对可能影响婴辅产品安全性的指标，黄粒米含量由一级大

米限量的 $\leq 1.0\%$ ，加严为优质大米限量的 $\leq 0.5\%$ 。新增大米霉变控制指标，参考 GB 2715《粮食》要求规定，并进一步加严规定为无霉变（GB 2715 要求霉变粒 $\leq 2.0\%$ ）。新增大米新鲜度控制指标，参考 GB/T 20569《稻谷储存品质判定规则》中“宜存”等级的要求，并结合实际生产流通过程中对大米脂肪酸值的跟踪数据（如下表所示），设置了脂肪酸值限量为 25mg/100g（以 KOH 计）。

大米脂肪酸值跟踪样品分别来自 2023 年和 2024 年度收成的稻谷，稻谷储存在黑龙江省佳木斯的万吨级原粮仓中，常温储存，监测数据如下：

样品日期	样品名称	脂肪酸值 (mg/100g (以 KOH 计))
2024.01.17	大米	13.04
2024.03.21	大米	16.53
2024.04.16	大米	17.23
2024.06.27	大米	15.97
2024.08.09	大米	16.49
2024.12.06	大米	11.53
2024.12.07	大米	14.49
2024.12.08	大米	13.55
2024.12.09	大米	12.65
2024.12.10	大米	14.04

综上，婴辅食品加工用大米加工质量指标规定如下，另外，地理标志产品标准如有其他要求的，应同时满足其相应标准要求。

质量指标		类别		检验方法
		粳米	籼米	
水分含量/%	\leq	15.5	14.5	GB 5009.3
碎米	总量/%	\leq	10.0	GB/T 5503
	其中：小碎米含量/%	\leq	1.0	
加工精度		精碾		GB/T 5502
不完善粒含量/%	\leq	3.0		GB/T 5494
杂质	总量/%	\leq	0.25	GB/T 5494
	其中：无机杂质含量/%	\leq	0.02	
黄粒米含量/%	\leq	0.5		GB/T 5496

互混率/%	≤	5.0	GB/T 5493
霉变粒		无霉变粒	GB/T 5494
脂肪酸值 (KOH/干基) / (mg/100g)	≤	25	GB/T 5510
色泽、气味		具有产品应有的色泽、气味，无其他不良气味。	GB/T 5492

3.4.2.2 留胚米

大米 80%的营养储藏在胚芽及糊粉层中，精碾加工大米，其胚芽及糊粉层基本无保留。从营养健康出发，国家一直在推荐谷物适度加工，市场上也不断出现相关的产品，如留胚米，适碾大米等，消费者对此类产品的接受度也越来越高。在婴辅行业，近年来也出现了采用留胚米为原料的谷物辅助食品，为更好契合婴幼儿谷物食品行业发展需要，本标准对留胚米质量指标引用 GB/T 42227 留胚米标准中相应大米分型和质量指标限量规定。同时对可能影响婴辅产品安全性的指标，新增大米霉变控制指标，参考 GB 2715《粮食》要求规定，并进一步加严规定为无霉变（GB 2715 要求霉变粒≤2.0%）。新增新鲜度控制指标，参考 GB/T 20569《稻谷储存品质判定规则》中“宜存”等级的要求，并结合实际生产流通过程中对留胚米脂肪酸值的跟踪数据（如下表所示），设置了脂肪酸值限量为 80mg/100g（以 KOH 计）。

起草组跟踪了市售不同品牌不同货架期内留胚米脂肪酸值情况，数据如下：

品名	批次	储藏时间（月）	脂肪酸值（KOH、mg/100g）
胚芽米 1	20231122	1	23.6
胚芽米 2	20231001	2	18.8
胚芽米 3	20231015	2	14.2
胚芽米 4	20230906	3	53.8
胚芽米 5	20230923	3	22.0
胚芽米 6	20230911	6	81.2
胚芽米 7	20230822	4	39.3

为更好评估留胚米脂肪酸值在储藏过程中的变化情况，起草组跟踪了不同气温条件下（夏天、秋天），留胚米在常温储藏条件下脂肪酸变化情况，如下表所示：

批次	储藏时间 (月) /地点, 吉林									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20220601	20.6	34.5	52.0	77.2	86.6	90.2	87.3	90.1	90.9	91.2
20220609	18.3	29.5	38.4	63.4	79.9	89.9	100.0	102.2	102.6	103.2
20220903	18.6	42.6	45.2	51.9	52.1	54.6	56.7	57.2	63.2	71.7
20220921	17.8	23.8	39.7	41.2	43.6	47.5	50.1	52.7	57.3	63.6

3.4.3 真菌毒素限量

如本文件第 1.2 条款阐述，我国标准及欧盟法规对大米中黄曲霉毒素 B₁ 和赭曲霉毒素规定了限量要求，同时为满足婴幼儿谷类辅助食品标准要求，更好保障婴幼儿身体健康，本标准参考婴幼儿谷物辅助食品标准和欧盟标准，拟较大米国标对真菌毒素限量从严要求。

关于大米中真菌毒素污染情况，参考调研报告和文献，并结合检验结果统计分析进行评估。

以下列举代表性报告和文献：

朱佐银^[1]等对 169 份大米样品进行检测分析，结果见图 1，黄曲霉毒素 B₁ (AFB₁) 在大米中未超国标限量(10μg/kg)，平均含量为 0.11μg/kg，范围为 0.12-1.84μg/kg。7 份大米样品赭曲霉毒素 A (OTA) 超国标限量，超标率为 4.14%，超标含量在 6.43—41.52 μg/kg，大米中 OTA 的平均含量为 1.32 μg/kg，范围为 0.21-41.52 μg/kg。

真菌毒素 Mycotoxin	大米 Rice		玉米 Maize		黄豆 Soybean		面粉 Wheat flour	
	平均值	污染范围	平均值	污染范围	平均值	污染范围	平均值	污染范围
	Average ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Range ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Average ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Range ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Average ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Range ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Average ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Range ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
ZEN	0.48b	0.36-9.76	0.45b	0.34-8.67	5.71a	0.59-97.57	0.29b	0.36-13.52
AFB ₁	0.11b	0.12-1.84	0.17ab	0.11-2.56	0.23a	0.02-2.81	0.06b	0.22-2.36
AFB ₂	0.08b	0.12-0.80	0.37a	0.10-2.64	0.06b	0.12-0.97	0.17b	0.11-7.87
AFG ₁	0.11	0.13-0.64	0.13	0.10-1.57	0.12	0.14-2.15	0.10	0.14-2.36
AFG ₂	0.08a	0.15-0.79	0.09a	0.15-0.66	0.02b	0.11-0.41	0.02b	0.15-0.36
AFM ₁	0.13b	0.12-2.24	0.42a	0.12-5.32	0.07b	0.12-0.75	0.04b	0.14-0.36
AFM ₂	0.14b	0.11-0.78	0.35a	0.10-5.48	0.10b	0.14-0.88	0.11b	0.12-2.37
OTA	1.32a	0.21-41.52	0.71ab	0.15-12.20	0.44b	0.12-9.05	0.27b	0.12-6.86
DON	7.31b	5.00-61.99	110.59a	5.37-2091.52	26.95b	2.56-407.60	53.83a	10.79-698.84
3-ADON	2.01	0.32-56.26	3.91	0.34-93.56	1.54	0.30-26.36	33.61	2.36-1890.20
15-ADON	17.85b	0.60-261.13	0.00	0.00-0.00	78.22a	2.35-890.99	66.74a	25.75-534.56
FB ₁	0.35b	0.59-16.49	102.59a	1.19-749.38	4.68b	0.56-281.34	1.12b	0.45-78.72
FB ₂	0.19b	0.56-5.26	18.82a	1.06-167.16	1.81b	0.64-123.74	0.54b	0.64-21.60
FB ₃	0.24b	0.54-2.56	31.36a	1.02-217.57	3.07b	0.58-168.33	0.61b	0.52-20.15

同行不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$) The different letters in same row indicate significant difference at 0.05 level ($P<0.05$)

图 1 不同粮食食品原料中真菌毒素的污染水平

李文廷^[2]等检测云南省市售大米中 16 种真菌毒素污染水平, 结果显示黄曲霉毒素 B₁ (AFTB₁) 的超标率为 10.00%(9/90), 检测含量平均为 3.25 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 最大含量为 56.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。OTA 的检测含量均未超过国标规定的限量值, 平均值为 0.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 最大含量为 3.21 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

样品名称	样品份数	阳性份数	检出率/%	样品含量/($\mu\text{g}/\text{kg}$)							标准限值 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
				P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{95}	最大值	平均值	
NIV	90	12	13.33	17.50	17.50	17.50	344.10	811.25	2891.00	125.16	--
DON	90	6	6.67	2.50	2.50	2.50	2.50	90.12	501.00	15.42	1000
3-ACDON	90	0	0.00	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	--
15-ACDON	90	5	5.56	3.75	3.75	3.75	3.75	18.39	96.10	5.84	--
ZEN	90	34	37.78	2.50	2.50	22.43	49.79	56.35	59.30	14.51	60
AFTG ₂	90	0	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	--
AFTG ₁	90	0	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	--
AFTB ₂	90	0	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	--
AFTB ₁	90	12	13.33	0.05	0.05	0.05	11.08	28.98	56.80	3.25	10
T-2	90	0	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	--
HT-2	90	0	0.00	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	--
FB ₁	90	52	57.78	5.00	19.75	59.30	115.07	222.50	318.00	44.77	--
FB ₂	90	0	0.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	--
FB ₃	90	0	0.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	--
OTA	90	10	11.11	0.25	0.25	0.25	0.72	1.62	3.21	0.40	5
ST	90	0	0.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	--

注: --表示无 GB 2761—2017 规定的限量标准; P_{25} : 表示 90 份样品中有 25%的样品小于列表中对应的浓度值, P_{50} , P_{75} , P_{90} , P_{95} 以此类推。

图 2 16 种真菌毒素在大米中的污染情况

曾宪冬^[3]于 2018-2019 年在深圳市食品市场采集大米及米粉样品 160 份, 检出情况及含量如

下图，共有 23 份样品检出黄曲霉毒素 B₁，检出含量在 0.12~0.60μg/kg 之间，检出的平均含量为 0.24μg/kg。

编号	AFB ₁	FB ₁	FB ₂	FB ₁ +FB ₂	ZEN	编号	AFB ₁	FB ₁	FB ₂	FB ₁ +FB ₂	ZEN
1	0.18	-	-	-	5.71	22	0.12	-	-	-	-
2	-	5.10	5.17	10.27	40.79	23	-	-	-	-	3.79
3	0.40	-	-	-	2.11	24	0.19	-	5.24	5.24	10.55
4	-	-	-	-	4.50	25	0.31	-	-	-	-
5	0.16	-	-	-	-	26	0.34	-	-	-	-
6	-	-	-	-	3.01	27	0.60	-	-	-	-
7	-	-	-	-	2.93	28	0.16	-	-	-	-
8	0.22	5.35	5.57	10.92	10.00	29	-	-	-	-	5.93
9	0.18	5.02	5.58	10.60	13.57	30	-	-	5.10	5.10	6.82
10	-	-	-	-	2.95	31	-	-	-	-	3.70
11	-	-	-	-	3.78	32	-	-	-	-	4.03
12	-	-	-	-	2.76	33	0.34	-	-	-	-
13	-	-	-	-	15.12	34	0.12	-	-	-	9.32
14	-	-	-	-	4.24	35	0.11	-	-	-	-
15	-	-	-	-	2.06	36	-	-	-	-	3.85
16	0.22	-	-	-	-	37	0.17	-	-	-	4.93
17	-	-	-	-	3.58	38	0.16	-	-	-	-
18	-	-	-	-	2.10	39	-	-	-	-	2.64
19	0.22	-	-	-	-	40	0.11	-	-	-	2.23
20	0.23	-	-	-	-	41	0.14	-	-	-	4.97
21	0.18	-	-	-	5.71	42	0.59	-	-	-	-

注：“-”表示未检出。

图 3 检出样品中真菌毒素的含量结果

上述文献数据汇总如下图:

项目 年份	黄曲霉毒素B ₁ (μg/kg)					赭曲霉毒素A (μg/kg)					地区	文献
	检出率(%)	超标率(%)	平均值	中位数	含量范围	检出率(%)	超标率(%)	平均值	中位数	含量范围		
2021-2022	15.38	0	0.11	—	0.12-1.84	59.17	4.14	1.32		0.21-41.52	上海	[1]
2019	13.33	10	3.25	0.05	56.8 (最大值)	11.11	0	0.4	0.25	3.21 (最大值)	云南	[2]
2018-2019	14.38	0	0.24	—	0.12-0.60						深圳	[3]

图 4 真菌毒素检测情况

另外，起草组统计了历年来对大米中真菌毒素监测的数据，如下图：

年份	真菌毒素(单位: ppb)		备注
	黄曲霉毒素B ₁	赭曲霉毒素A	
2011	< 5	< 0.5	江苏
2012	< 0.1	< 0.5	江苏
2013	< 0.2	< 1	江苏
2014	< 0.1	< 0.5	江苏
2015	< 0.1	< 0.5	江苏
2016	< 0.1	< 0.5	江苏
2017	< 0.1	< 0.5	江苏
2018	< 5 (1批次) < 1 (1批次) < 0.1 (1批次)	< 1 (共2批次) < 0.5 (1批次)	黑龙江
2019	< 0.5 (1批次) < 0.1 (共2批次)	< 1 (共2批次) < 0.5 (1批次)	黑龙江
2020	< 0.1 (共3批次)	< 1 (共3批次)	黑龙江
2021	< 0.1 (共4批次)	< 1 (共5批次)	黑龙江
2022	< 3 (共6批次) < 0.1 (共10批次)	< 1 (共5批次)	黑龙江
2022	ND (共3批次)	ND (1批次)	湖南
2023	—	—	江西
2023	< 0.1 (共25批次)	< 1 (共3批次) < 0.3 (1批次)	黑龙江
2023	—	—	湖南
2024	< 0.1 (共17批次)	< 1 (共2批次) < 0.3 (共2批次)	黑龙江
2024	ND (1批次)	—	湖南

*说明：
1、表中“—”代表无检测数据。
2、未注明批次数量的均为1批次。

图 5 大米真菌毒素监测数据

根据上述数据，目前我国大米仍存在一定真菌毒素污染情况，且易受水稻收割季节雨水情况影响，国标对大米与婴幼儿谷类辅助食品的真菌毒素限量要求差距较大，因此，有必要对婴幼儿谷类辅食用大米的真菌毒素从严限定。

关于黄曲霉毒素 B₁，GB2761 限量≤10μg/kg，GB10769 限量要求≤0.5μg/kg，欧盟限量要求≤0.1μg/kg（婴儿食品和加工谷物食品），结合我国实际情况，目前行业执行限量要求≤0.1μ

g/kg 存在较大难度，因此在国标基础上进行加严，限定为 $\leq 0.3\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

关于赭曲霉毒素 A，GB2761 限量 $\leq 5\mu\text{g}/\text{kg}$ ，GB10769 未做限定，欧盟限量要求 $\leq 0.5\mu\text{g}/\text{kg}$ （婴儿食品和加工谷物食品），但目前国标 GB 5009.26 的定量限为 $1.0\mu\text{g}/\text{kg}$ ，基于现有检验技术水平，加严限定为 $\leq 1.0\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

综上，本标准对婴幼儿辅助食品用大米中真菌毒素规定如下：

项目	指标	检验方法	
黄曲霉毒素 B ₁ / ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	\leq	0.3	GB 5009.22
赭曲霉毒素 A/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	\leq	1.0	GB 5009.96

3.4.4 污染物限量

如本文件第 1.2 条款阐述，我国标准及欧盟法规对大米中铅、镉、总汞、无机砷、铬、苯并[a]芘等污染物规定了限量要求。为满足婴幼儿谷类辅助食品标准要求并对标欧盟先进地区标准，保障婴幼儿身体健康，本标准拟较国标对大米污染物限量从严要求。

3.4.4.1 重金属

根据我国标准及欧盟污染物限量要求，对大米中铅、镉、总汞、无机砷、铬进行评估。参考调研报告和文献，并结合检验结果统计分析进行评估。

以下列举代表性报告和文献：

铅

陈敬^[4]等对三明市市售大米共检测 282 份大米样品，铅的检出率为 86.2%(243/282)，含量为未检出 (ND) -0.578 mg/kg，国标限量值为 0.2 mg/kg，超标率为 4.6% (13/282)。

地区	份数	铅			
		测定值	中位数	检出率(%)	超标率(%)
市辖区	25	ND~0.142	0.072	88.0	0.0
建宁	12	ND~0.095	0.049	83.3	0.0
宁化	36	ND~0.173	0.068	86.1	0.0
清流	15	ND~0.117	0.073	86.6	0.0
明溪	13	ND~0.133	0.057	92.3	0.0
永安	40	ND~0.374	0.087	90.0	7.5
大田	38	ND~0.546	0.088	92.1	15.8
尤溪	45	ND~0.578	0.077	91.1	6.6
沙县	22	ND~0.248	0.070	86.4	4.5
将乐	18	ND~0.176	0.056	77.8	0.0
泰宁	18	ND~0.098	0.050	77.8	0.0

图 6 三明市市售大米样品铅检出情况

李艳飞^[5]等在柳州市六县(区)内随机采集乡村农户家种食大米样品共 132 份进行检测, 所采集的大米的铅含量超标率为 1.5% (2/132), 含量为 0.0025-0.326mg/kg。

所辖县(区)	样品量(份)	均值(mg/kg)	含量(mg/kg)	超标量(份)	超标率(%)
柳城县	22	0.038 1	0.002 5 ~0.243 0	1	4.55
柳江区	22	0.019 8	0.002 5 ~0.133 0	0	0
鹿寨县	22	0.026 2	0.002 5 ~0.184 0	0	0
融安县	22	0.042 6	0.002 5 ~0.326 0	1	4.55
融水县	22	0.032 2	0.002 5 ~0.152 0	0	0
三江县	22	0.030 8	0.002 5 ~0.183 0	0	0
合计	132	0.031 6	0.002 5 ~0.326 0	2	1.52

注: 用多样本秩和检验方法进行铅含量组间比较, $P > 0.05$, 差异无统计学意义。

图 7 柳州市六县(区)农户自种大米中铅含量

2014-2018 年张静等^[6]在南宁市 15 个所辖县(区)采集 1528 份市售及农户自产大米, 对 1406 份大米中铅含量进行检测, 722 份检出, 检出率为 51.35%, 23 份铅含量超过国标限量, 超标率为 1.63%, 最高检出值为 0.973 mg/kg, 含量范围见图 8。

检测项目	检测值($\bar{x}\pm s$)	中位数	范围
铅	0.054±0.948	0.029	0.001~0.973
镉	0.162±0.209	0.090	0.001~1.750
无机砷	0.086±0.057	0.088	0.006~0.712
锌	14.440±3.830	13.800	5.110~35.98
硒	0.042±0.395	0.033	0.005~0.484

图 8 2014-2018 年南宁市监测大米中元素含量 (mg/kg)

广西某市 2019-2022 年 996 份大米中铅总体含量范围为 ND-3.25 mg/kg, 中位数为 0.002~0.029 mg/kg, 平均值为 0.012~0.148 mg/kg。铅的总检出率为 62.1% (619/996), 总超标率为 3.31% (33/996) [7]。

采样地点	镉			铅		
	平均值	中位数	含量范围	平均值	中位数	含量范围
开发区1	0.098	0.095	ND~0.364	0.012	0.006	ND~0.049
开发区2	0.101	0.091	ND~0.268	0.030	0.019	ND~0.134
开发区3	0.101	0.082	ND~0.486	0.017	0.002	ND~0.137
城区4	0.096	0.074	ND~0.788	0.037	0.006	ND~0.327
城区5	0.134	0.119	ND~0.380	0.029	0.002	ND~0.518
城区6	0.110	0.065	ND~0.506	0.148	0.029	ND~1.71
城区7	0.085	0.082	ND~0.225	0.060	0.005	ND~1.03
城区8	0.081	0.070	ND~0.217	0.023	0.005	ND~0.162
城区9	0.136	0.081	ND~0.397	0.124	0.013	ND~3.25
县区1	0.191	0.085	ND~1.930	0.025	0.007	ND~0.174
县区2	0.178	0.072	ND~1.26	0.045	0.013	ND~0.578
县级A市	0.158	0.117	ND~0.821	0.029	0.002	ND~0.269
县区3	0.182	0.139	ND~0.690	0.043	0.010	ND~1.10
县区4	0.152	0.113	ND~0.702	0.037	0.016	ND~0.407
城区10	0.113	0.069	ND~0.533	0.019	0.005	ND~0.178

注: 用“ND”表示低于检出限

图 9 2019-2022 年广西某市大米中重金属含量分析 (mg/kg)

黄艳桃^[8]等对 2017-2019 年广西某市大米进行重金属污染调查, 其中 2019 年大米铅检出率与超标率最高, 分别为 48%与 4%。2019 年大米中的重金属含量范围最高, 铅含量在 ND-3.250 mg/kg 之间, 铅的平均含量为 0.023 mg/kg, 铅含量的最高检测值已高于限量值的 16 倍。

样品名称	样品份数	铅		镉		汞		无机砷	
		检出数	超标数	检出数	超标数	检出数	超标数	检出数	超标数
大米									
2017 年	40	19(47.5)	0(0.0)	38(95.0)	1(2.5)	-	-	12(30.0)	0(0.0)
2018 年	287	127(44.3)	1(0.4)	277(96.5)	72(25.0)	137(47.7)	0(0.0)	133(46.3)	1(0.4)
2019 年	650	312(48.0)	26(4.0)	619(95.2)	117(18.0)	490(75.4)	6(0.9)	185(28.5)	11(1.7)
χ^2 值					14.030				
P 值			0.002*		0.001		0.186*		0.214*

样品名称	样品份数	铅含量(mg/kg)		镉含量(mg/kg)		汞含量(mg/kg)		无机砷含量(mg/kg)	
		范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
大米									
2017 年	40	ND~0.132	0.023	ND~0.385	0.036	-	-	ND~0.100	0.025
2018 年	287	ND~0.290	0.011	ND~1.530	0.072	ND~0.016	0.003 4	ND~0.220	0.049
2019 年	650	ND~3.250	0.023	ND~1.930	0.135	ND~0.042	0.007 3	ND~0.483	0.102

图 10 2017-2019 广西某市大米重金属污染调查情况

唐之贤^[9]对江苏省大米进行研究, 样本铅含量范围为 0.002~0.722mg·kg⁻¹, 平均值和中位数分别为 0.032mg·kg⁻¹和 0.014mg·kg⁻¹, 有 27 份样本超过了大米铅的标准限值, 超标率 2.8%

(27/980)。

重金属 Heavy metal	检出率 Detection ratio/%	含量范围 Range/ (mg·kg ⁻¹)	算术平均值 ^a Arithmetic mean/ (mg·kg ⁻¹)	中位数 Median/ (mg·kg ⁻¹)	标准限值 ^b Standard limit/ (mg·kg ⁻¹)	超标样本数 No. of exceeding limit	超标率 Exceeding rate/%
Cd	95	0.002-0.314	0.038	0.026	0.2	9	0.9
As	100	0.003-0.513	0.147	0.138	—	—	—
Pb	80	0.002-0.722	0.032	0.014	0.2	27	2.8
Cr	51	0.002-1.982	0.042	0.005	1	2	0.2

注：a. 在计算平均值时，如果样品中元素的浓度低于检测限度(LOD)，则取LOD值的1/2进行统计计算，Cd、Pb和Cr的LOD值为0.004 mg·kg⁻¹，总As的LOD值为0.006 mg·kg⁻¹。b. 大米中Cd、Pb、Cr的标准限值参考GB 2762—2022。

图 11 江苏省 980 份大米样品重金属含量检测情况

崔洪生^[10]收集了某省 34 个大米样本，检测结果表明样品中铅的平均值为 0.66 mg/kg，已超过国标限值，大米样品铅的最低浓度为 0.21mg/kg 均高于相应限值，超标率均达到 100%，最大浓度为 1.80 mg/kg，高于规定标准的 9.0 倍以上。进一步利用单因子污染指数 (SFPI) 评估其污染程度，当 SFPI 超过 1.0 时，就达到污染限值，铅的平均单因子指数为 3.279，数值大于 1.0，说明污染程度较高。铅的轻度污染占比 47.06%，中度污染占比 8.82%，重度污染占比 44.12%。

元素	最大值 (mg/kg)	最小值 (mg/kg)	中位数 (mg/kg)	标准差	均值 (mg/kg)	变异 系数	超标率	K-S 检验	偏度	峰度	阈值 (mg/kg)
Cr	3.04	0.64	1.21	0.52	1.28	40.7%	64.7%	0.188	1.50	2.97	1.00 ^b
Co	0.083	0.011	0.030	0.012	0.03	40.9%	/	0.121	2.62	11.17	Null ^a
Ni	1.63	0.22	0.93	0.43	0.84	51.6%	47.1%	0.004	0.02	-1.39	1.00 ^b
Cu	3.49	1.29	2.35	0.53	2.39	22.3%	0%	0.200	0.06	-0.47	10.00 ^b
Zn	23.64	10.44	15.71	3.13	15.73	19.9%	0%	0.200	0.53	-0.12	50.00 ^b
As	0.93	0.23	0.46	0.17	0.48	35.0%	100%	0.200	1.01	0.95	0.20 ^b
Cd	1.61	0.04	0.17	0.35	0.28	126.3%	44.1%	0.200	2.95	9.09	0.20 ^b
Pb	1.80	0.21	0.44	0.43	0.66	65.8%	100%	0.001	0.85	-0.11	0.20 ^b
Sb	0.065	0.00	0.001	0.012	0.004	276.5%	0%	0.200	4.57	22.01	1.00 ^c

a: Null 表示没有找到相关的标准值。

b: 参照《食品安全国家标准》(国家卫生健康委, 2017)。

c: 《香港公众卫生及市政条例》(PHMSO)。

图 12 某省大米中重金属含量的描述性统计

镉

杭州市富阳区 450 份本地产大米样品经检测发现镉的含量较高，117 份样品超过国家标准限值 (0.2mg/kg)，镉的超标率为 26% (117/450)，镉含量平均值为 180μg/kg，富阳区辖区内超市售卖的 50 份大米中镉含量都未超标^[11]。

区域	样品数量/份	镉含量/($\mu\text{g}/\text{kg}$)					变异系数/%	超标率/%
		平均数 \pm 标准差	中位数	P95	监测范围			
街道 A	75	84.2 \pm 59.4	68.9	229	20.1~298	70.6	2.67	
街道 B	50	105 \pm 47.8	108	186	16.2~261	45.6	2.00	
街道 C	50	65.7 \pm 43.3	44.8	151	14.6~179	65.9	0	
街道 D	50	288 \pm 267*	196	859	ND~1.07 $\times 10^3$	96.2	50.0	
街道 E	75	439 \pm 290*	368	997	65.6~1.16 $\times 10^3$	66.1	72.0	
街道 F	50	371 \pm 304*	304	867	28.2~1.79 $\times 10^3$	82.0	70.0	
街道 G	50	45.6 \pm 35.7	35.2	130	ND~136	78.4	0	
街道 H	50	50.7 \pm 34.3	39.6	125	11.1~139	67.7	0	
总计	450	180 \pm 232	84.9	667	ND~1.79 $\times 10^3$	129	26.0	
市售样品	50	28.1 \pm 29.8	13.8	86.9	ND~121	106	0	

图 13 富阳区大米镉含量

研究人员所采集的柳州地区自产大米样品的镉含量超标率为 14.39%(19/132)，平均含量为 0.1184 mg/kg^[5]。

所辖县(区)	样品量(份)	均值(mg/kg)	含量(mg/kg)	超标量(份)	超标率(%)
柳城县	22	0.074 2	0.000 7 ~0.327 0	1	4.55
柳江区	22	0.145 9	0.007 1 ~0.700 0	5	22.72
鹿寨县	22	0.093 1	0.001 0 ~0.415 0	3	13.63
融安县	22	0.251 0	0.013 7 ~0.897 0	8	36.36
融水县	22	0.060 3	0.006 8 ~0.212 0	1	4.55
三江县	22	0.086 0	0.006 4 ~0.362 0	1	4.55
合计	132	0.118 4	0.000 7 ~0.897 0	19	14.39

注:用多样本秩和检验方法进行镉含量组间比较, $P < 0.05$, 差异有统计学意义。

图 14 柳州市六县(区)农户自种大米中镉含量

张静等^[6]对 1406 份大米中镉含量进行检测, 检出率为 94.38% (1327/1406), 326 份镉含量超过国标限量, 超标率为 23.17%, 最高检出值为 1.750 mg/kg, 为国标限值的 8 倍。

检测项目	检测值($\bar{x}\pm s$)	中位数	范围
铅	0.054±0.948	0.029	0.001~0.973
镉	0.162±0.209	0.090	0.001~1.750
无机砷	0.086±0.057	0.088	0.006~0.712
锌	14.440±3.830	13.800	5.110~35.98
硒	0.042±0.395	0.033	0.005~0.484

图 15 2014-2018 年南宁市监测大米中元素含量 (mg/kg)

2016—2021 年高四海等^[12]共采集温州市地产大米 740 份，大米中重金属镉检出范围为 ND-1.960 mg/kg，均值为 0.108mg/kg，中位数为 0.069 mg/kg，检出率为 95.68%，超标率为 11.49%。

年份	样品数/份	镉含量			检出率/%	超标率/%*
		均值/(mg/kg)	中位数/(mg/kg)	检出范围/(mg/kg)		
2016	140	0.130	0.068(0.137)	ND~1.960	90.00	17.86
2017	133	0.101	0.080(0.099)	ND~0.540	93.23	12.78
2018	110	0.151	0.068(0.114)	ND~1.750	98.18	16.36
2019	111	0.079	0.063(0.088)	0.001~0.230	100.00	2.70
2020	133	0.102	0.090(0.096)	ND~0.598	94.74	6.02
2021	113	0.082	0.044(0.117)	0.0005~0.436	100.00	12.39
合计	740	0.108	0.069(0.107)	ND~1.960	95.68	11.49

注：*为参照 GB 2762—2017 大米中镉的限量值为 0.2 mg/kg

图 16 2016-2021 年温州市本地大米重金属镉的污染情况

有研究^[7]针对广西某市大米进行镉含量检测，其总体含量范围为 ND-1.93 mg/kg，中位数为 0.065-0.139 mg/kg，平均值为 0.081-0.191 mg/kg。县区大米镉检出量整体高于城区。镉总检出率为 96.4% (960/996)，总超标率为 18.3% (182/996)。镉检出率均超过 85% (87.6%~100%)。

采样地点	镉		
	平均值	中位数	含量范围
开发区1	0.098	0.095	ND~0.364
开发区2	0.101	0.091	ND~0.268
开发区3	0.101	0.082	ND~0.486
城区4	0.096	0.074	ND~0.788
城区5	0.134	0.119	ND~0.380
城区6	0.110	0.065	ND~0.506
城区7	0.085	0.082	ND~0.225
城区8	0.081	0.070	ND~0.217
城区9	0.136	0.081	ND~0.397
县区1	0.191	0.085	ND~1.930
县区2	0.178	0.072	ND~1.26
县级A市	0.158	0.117	ND~0.821
县区3	0.182	0.139	ND~0.690
县区4	0.152	0.113	ND~0.702
城区10	0.113	0.069	ND~0.533

注：用“ND”表示低于检出限。

图 17 2019—2022 年广西某市大米中镉的含量分析

罗康等^[13]对 425 份长兴县自产大米进行镉含量检测，检出率为 99.76% (424/425)，含量范围为未检出-0.89mg/kg，平均值为 0.084 mg/kg，镉超标率为 6.82%。从 425 户本地大米种植户中选取 711 人调查对象，711 人中检出尿沉渣管型阳性 49 人，检出率为 6.89%。比较 2 组之间尿沉渣管型阳性检出情况，结果显示超标组尿沉渣管型阳性率为 20.54%，未超标组尿沉渣管型阳性率为 4.34%，2 组之间阳性率差异有统计学意义($P < 0.01$)。本研究表明长兴县部分乡镇(街道)种植大米存在镉污染情况，且已对种植户居民肾脏健康造成一定影响。

乡镇	样品数(份)	检出数(份)	检出率(%)	均值(mg/kg)	检出范围(mg/kg)	中位数(mg/kg)	超标数(份)	超标率(%)
小浦镇	54	54	100.00	0.143	0.004 ~ 0.890	0.090	12	22.22
煤山镇	65	65	100.00	0.141	0.010 ~ 0.780	0.086	12	18.46
水口乡	11	11	100.00	0.098	0.033 ~ 0.260	0.074	1	9.09
林城镇	16	15	93.75	0.071	未检出 ~ 0.350	0.051	1	6.25
洪桥镇	19	19	100.00	0.072	0.012 ~ 0.270	0.049	1	5.26
夹浦镇	44	44	100.00	0.059	0.001 ~ 0.210	0.035	2	4.55
和平镇	42	42	100.00	0.043	0.002 ~ 0.170	0.031	0	0.00
画溪街道	28	28	100.00	0.085	0.004 ~ 0.190	0.067	0	0.00
虹星桥镇	31	31	100.00	0.074	0.033 ~ 0.140	0.071	0	0.00
吕山乡	22	22	100.00	0.050	0.011 ~ 0.160	0.039	0	0.00
太湖街道	50	50	100.00	0.055	0.005 ~ 0.110	0.050	0	0.00
泗安镇	12	12	100.00	0.066	0.014 ~ 0.120	0.061	0	0.00
李家巷镇	31	31	100.00	0.045	0.004 ~ 0.110	0.036	0	0.00
合计	425	424	99.76	0.084	未检出 ~ 0.890	0.060	29	6.82

图 18 长兴县本地种植大米镉含量检测结果

组别	人数(人)	阳性(例)	阴性(例)	阳性率(%)
食用镉超标大米组	112	23	89	20.54
食用镉未超标大米组	599	26	573	4.34

图 19 2 组居民尿沉渣管型阳性率比较

陈翠^[14]等对 2018-2021 年在池州市 4 个县区的粮油店、超市及生产企业采集的 225 批大米样品进行镉含量检测。测定结果表明，2018-2021 年池州市售大米中镉检出率分别为 91.11 %、90 %、89.47 %、88.12 %，不合格率分别为 11.11 %、8.33 %、5.26 %、0.99 %。2018-2021 年池州市售大米中镉的检出率虽逐年减少，但基本维持在 90%左右，检出率偏高，居民大米消费还存在一定的风险。但 2018-2021 年池州市售大米中镉的不合格率在下降。

时间	检测份数	检出份数	检出率/%	不合格份数	不合格率/%	平均值/(mg/kg)	含量范围/(mg/kg)
2018 年	45	41	91.11	5	11.11	0.113	0.0073-0.54
2019 年	60	54	90	5	8.33	0.103	0.0066-0.53
2020 年	19	17	89.47	1	5.26	0.111	0.0069-0.35
2021 年	101	89	88.12	1	0.99	0.105	0.0058-0.26

图 20 不同时间大米中镉含量测定结果

2018—2020 年卓福团^[15]等在来宾市 6 个县区的农贸市场、商店（超市）及农村种植户采集 197 份大米样品进行重金属含量检测。样品镉的检出率为 98.48%（194/197），镉超标率达到 13.71%（27/197），最高检出值为 1.190mg/kg。各县区大米重金属超标情况见下图，除了金秀县，其他 5 个县区均有不同程度的镉超标情况，合山市镉超标率最高，达到 23.33%。

流通环节	镉		铅		无机砷	
	检测数	超标数(%)	检测数	超标数(%)	检测数	超标数(%)
合山市	30	7(23.33)	30	0(0.00)	30	0(0.00)
金秀县	22	0(0.00)	22	0(0.00)	22	1(4.55)
兴宾区	65	9(13.85)	65	0(0.00)	65	0(0.00)
武宣县	25	5(20.00)	25	1(4.00)	25	1(4.00)
象州县	35	4(11.43)	35	0(0.00)	35	1(2.86)
忻城县	20	2(10.00)	20	0(0.00)	20	0(0.00)
合计	197	27(13.71)	197	1(0.51)	197	3(1.52)
P 值	0.178		0.340		0.264	

注：不同县区重金属超标率比较，采用 Fisher 确切概率法，P 值为双侧确切概率。

图 21 2018-2022 年来宾市各县区大米重金属超标情况[份（%）]

2017-2019 年广西某市大米镉超标率分别为 2.5%（1/40）、25%（72/287）、18%（117/650）。2019 年大米中镉的平均含量是 0.135mg/kg，其最高检测值是 1.930 mg/kg（9 倍限值）^[8]。

样品名称	样品份数	铅含量(mg/kg)		镉含量(mg/kg)		汞含量(mg/kg)		无机砷含量(mg/kg)	
		范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
大米									
2017 年	40	ND-0.132	0.023	ND-0.385	0.036	-	-	ND-0.100	0.025
2018 年	287	ND-0.290	0.011	ND-1.530	0.072	ND-0.016	0.003 4	ND-0.220	0.049
2019 年	650	ND-3.250	0.023	ND-1.930	0.135	ND-0.042	0.007 3	ND-0.483	0.102

图 22 2017-2019 年广西某市大米重金属检测结果

宋韶芳^[16]等人对 600 份广州市市售大米进行检测，样品镉的总检出率为 99.00%，检出值范围为 0.006-0.953mg/kg，镉含量超标 20 份，超标率为 3.33%。

年份	样品数	检出值范围 (mg/kg)	镉含量 [$M(Q_d)$, mg/kg]	检出率 [n (%)]	超标率 [n (%)]
2014	120	0.003-0.242	0.090 (0.121)	119 (99.17)	1 (0.83)
2015	110	0.002-0.509	0.110 (0.121)	109 (99.09)	8 (7.27)
2016	80	0.006-0.193	0.109 (0.108)	80 (100.00)	0 (0)
2017	100	0.006-0.953	0.087 (0.135)	98 (100.00)	2 (2.04)
2018	100	0.002-0.255	0.066 (0.131)	100 (100.00)	3 (3.00)
2019	90	0.008-0.560	0.074 (0.144)	88 (97.78)	6 (6.67)
合计	600	0.006-0.953	0.093 (0.133)	594 (99.00)	20 (3.33)

图 23 广州市大米中镉元素的监测情况

任韧等^[17]在 5 个区县市 37 个村镇 113 户农户家中采集样品, 其中样品分布为富阳 26 份、桐庐 41 份、临安 29 份、淳安 14 份、余杭 3 份, 经检测: 大米镉含量为 0.010 mg/kg-2.46 mg/kg, 检出率为 100%, 平均值为 0.25 mg/kg, 中位值为 0.164 mg/kg, 48 份超标, 超标率为 42.5%。

元素	样品来源	含量 (mg/kg)					检出率 (%)	超标率 (%)
		均值	P50	P90	最小值	最大值		
镉	1	0.193	0.130	0.447	0.029	0.755	100	26.9
	2	0.317	0.160	0.644	0.066	2.463	100	43.9
	3	0.444	0.302	0.779	0.010	1.581	100	62.1
	4	0.237	0.135	0.548	0.054	0.624	100	35.7
	5	0.059	0.037	0.124	0.015	0.124	100	0.0
	均值	0.250	0.164	0.733	0.010	2.463	100	42.5

图 24 杭州地区产大米镉含量检测结果

范云燕^[18]等收集检测了共 886 份大米中的镉含量, 检出率为 94.92% (841/886), 总超标率为 19.19% (170/886), 含量范围为 1.50-915.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 平均值为 126.85 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 中位数为 79.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。南宁市市区及 5 个县大米中镉的检出率均高于 90.00%, 其中上林县大米中镉含量平均值最高, 为 177.83 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。各地区大米均有不同程度的镉超标, 马山县和上林县的大米镉超标率均高于 30.00%, 超标率最低的为南宁市市区, 为 12.39%。

地区	样品份数	检出份数 (检出率/%)	超标份数 (超标率/%)	Cd 含量/($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
				含量范围	平均值	中位数
马山县	92	83 (90.22)	29 (31.52)	1.50 ~ 645.00	161.92	80.95
上林县	79	76 (96.20)	25 (31.65)	1.50 ~ 799.00	177.83	114.00
隆安县	70	67 (95.71)	18 (25.71)	1.50 ~ 737.00	168.73	123.00
横县	107	107 (100.00)	22 (20.56)	7.94 ~ 666.00	140.93	107.00
宾阳县	86	86 (100.00)	20 (23.26)	8.00 ~ 425.00	139.54	123.00
市区	452	422 (93.36)	56 (12.39)	1.50 ~ 915.00	98.56	61.00
合计	886	841 (94.92)	170 (19.19)	1.50 ~ 915.00	126.85	79.00

图 25 南宁市大米镉含量检测结果

王昱晓^[19]共采集某省 9 地区共计 378 份大米, 采用 ICP-MS 检测镉, 结果如下图所示, 镉含量的范围为 0.002-1.934mg/kg, 中位数为 0.114 mg/kg, 超标率为 15.34%。

重金属	含量范围 (mg/kg)	中位数 (mg/kg)	检出率 (%)	超标数 (n)	超标率 (%)
铅 (Pb)	ND~0.519	0.000	5.6%	1	0.26%
汞 (Hg)	ND~0.023	0.002	79.9%	1	0.26%
砷 (As)	0.066~0.346	0.154	100%	82	21.70%
镉 (Cd)	0.002~1.934	0.114	99.7%	58	15.34%
铬 (Cr)	ND~0.947	0.057	53.7%	0	0%

注：1.ND 表示未检出，根据《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》（GB 5009.268-2016）铅、汞、砷、镉、铬的检出限分别为 0.02、0.001、0.002、0.002、0.05 mg/kg。

图 26 某省大米重金属含量一般情况

崔洪生^[10]收集了某省地级市的大米样本 34 个，检测结果表明样品中镉含量平均值为 0.28mg/kg，超过了我国规定镉含量限值，镉含量检测最小值为 0.04mg/kg，最大值为 1.61mg/kg，超标率为 44.12%。进一步利用单因子污染指数（SFPI）评估其污染程度，当 SFPI 超过 1.0 时，就达到污染限值，镉的平均 SFPI（1.389）大于 1.0，说明污染程度较高。镉的轻度污染占比 26.47%，中度污染占比 11.76%，重度污染占比 11.76%。

元素	最大值 (mg/kg)	最小值 (mg/kg)	中位数 (mg/kg)	标准差	均值 (mg/kg)	变异 系数	超标率	K-S 检验	偏度	峰度	阈值 (mg/kg)
Cr	3.04	0.64	1.21	0.52	1.28	40.7%	64.7%	0.188	1.50	2.97	1.00 ^b
Co	0.083	0.011	0.030	0.012	0.03	40.9%	/	0.121	2.62	11.17	Null ^a
Ni	1.63	0.22	0.93	0.43	0.84	51.6%	47.1%	0.004	0.02	-1.39	1.00 ^b
Cu	3.49	1.29	2.35	0.53	2.39	22.3%	0%	0.200	0.06	-0.47	10.00 ^b
Zn	23.64	10.44	15.71	3.13	15.73	19.9%	0%	0.200	0.53	-0.12	50.00 ^b
As	0.93	0.23	0.46	0.17	0.48	35.0%	100%	0.200	1.01	0.95	0.20 ^b
Cd	1.61	0.04	0.17	0.35	0.28	126.3%	44.1%	0.200	2.95	9.09	0.20 ^b
Pb	1.80	0.21	0.44	0.43	0.66	65.8%	100%	0.001	0.85	-0.11	0.20 ^b
Sb	0.065	0.00	0.001	0.012	0.004	276.5%	0%	0.200	4.57	22.01	1.00 ^c

a: Null 表示没有找到相关的标准值。

b: 参照《食品安全国家标准》（国家卫生健康委，2017）。

c: 《香港公众卫生及市政条例》（PHMSO）。

图 27 某省大米中重金属含量的描述性统计

总汞

黄艳桃^[8]等检测了 2018-2019 年广西某市大米的汞含量，结果显示 2018 年汞检出率为 47.7%（137/287），未出现汞超标现象，2019 年汞检出率为 75.4%（490/650），超标率为 0.9%（6/650）。2019 年大米中汞含量范围为 ND-0.042mg/kg，平均含量为 0.0073mg/kg。

样品名称	样品份数	铅含量(mg/kg)		镉含量(mg/kg)		汞含量(mg/kg)		无机砷含量(mg/kg)	
		范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
大米									
2017年	40	ND-0.132	0.023	ND-0.385	0.036	-	-	ND-0.100	0.025
2018年	287	ND-0.290	0.011	ND-1.530	0.072	ND-0.016	0.003 4	ND-0.220	0.049
2019年	650	ND-3.250	0.023	ND-1.930	0.135	ND-0.042	0.007 3	ND-0.483	0.102

图 28 广西某市大米重金属含量检测情况

任韧^[17]等在杭州 5 个区县市 37 个村镇 113 户农户家中共采集了 113 份样品，经检测：大米样品总汞含量为 0.0014 mg/kg-0.0196mg/kg，检出率为 100%，无超标现象。

元素	样品来源	含量(mg/kg)					检出率(%)	超标率(%)
		均值	P50	P90	最小值	最大值		
镉	1	0.193	0.130	0.447	0.029	0.755	100	26.9
	2	0.317	0.160	0.644	0.066	2.463	100	43.9
	3	0.444	0.302	0.779	0.010	1.581	100	62.1
	4	0.237	0.135	0.548	0.054	0.624	100	35.7
	5	0.059	0.037	0.124	0.015	0.124	100	0.0
	均值	0.250	0.164	0.733	0.010	2.463	100	42.5
铅	1	0.010 1	0.009 4	0.023 1	0.000 14	0.029 7	100	0.0
	2	0.030 7	0.023 7	0.044 4	0.000 71	0.262 3	100	2.4
	3	0.022 3	0.008 4	0.066 1	0.000 51	0.105 6	100	0.0
	4	0.023 5	0.020 5	0.035 6	0.010 18	0.036 8	100	0.0
	5	0.005 4	0.004 1	0.008 7	0.003 41	0.008 7	100	0.0
	均值	0.022	0.013	0.044	0.000 14	0.262	100	0.9
总汞	1	0.004 7	0.004 6	0.007 2	0.002 4	0.009 7	100	0.0
	2	0.005 7	0.005 4	0.008 5	0.001 4	0.013	100	0.0
	3	0.007 2	0.005 4	0.015	0.003 3	0.019 6	100	0.0
	4	0.004 2	0.004 0	0.005 7	0.001 8	0.006 2	100	0.0
	5	0.004 1	0.004 4	0.005 4	0.002 3	0.005 4	100	0.0
	均值	0.010	0.005 0	0.008 2	0.001 4	0.019 6	100	0.0

图 29 杭州地区产大米中重金属含量检测结果

赵杰^[20]等在市场上购买的 32 份样品中有 18 份样品未检测出汞的含量，其他的 14 份样品中检测出汞的含量。本次采购的贵阳市售大米汞的含量均低于 0.02 mg/kg，没有超过国家标准限值，所检测汞的范围从 0.002-0.0137 mg/kg，平均值为 0.00396mg/kg。

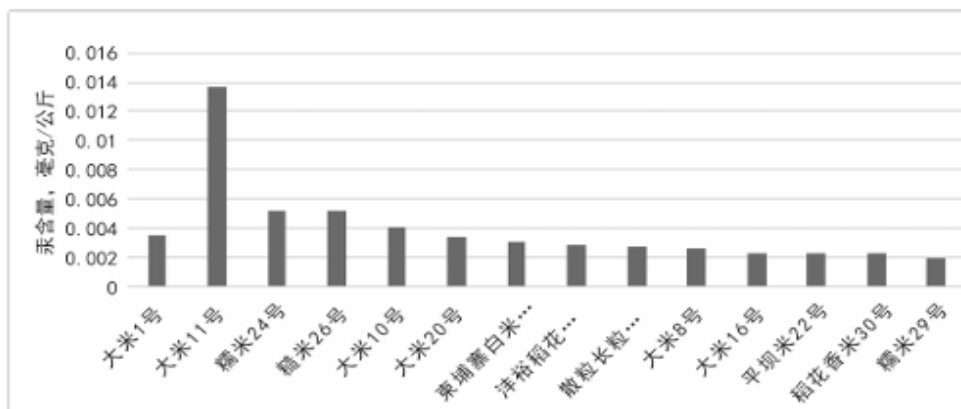


图 30 贵阳市售大米中汞含量

王昱晓^[19]的实验采集了某省的 378 份大米，结果如下图所示，汞的超标率为 0.26%，在 378 份样品中，只有 1 份超标。

重金属	含量范围 (mg/kg)	中位数 (mg/kg)	检出率 (%)	超标数 (n)	超标率 (%)
铅 (Pb)	ND~0.519	0.000	5.6%	1	0.26%
汞 (Hg)	ND~0.023	0.002	79.9%	1	0.26%
砷 (As)	0.066~0.346	0.154	100%	82	21.70%
镉 (Cd)	0.002~1.934	0.114	99.7%	58	15.34%
铬 (Cr)	ND~0.947	0.057	53.7%	0	0%

注：1.ND 表示未检出，根据《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》（GB 5009.268-2016）铅、汞、砷、镉、铬的检出限分别为 0.02、0.001、0.002、0.002、0.05 mg/kg。

图 31 某省大米重金属含量一般情况

无机砷

张静^[6]等对 1411 份大米中无机砷含量进行检测，1195 份检出，检出率为 84.69%，36 份无机砷含量超过国标限量（0.2mg/kg），超标率为 2.55%。

检测项目	检测值($\bar{x}\pm s$)	中位数	范围
铅	0.054±0.948	0.029	0.001~0.973
镉	0.162±0.209	0.090	0.001~1.750
无机砷	0.086±0.057	0.088	0.006~0.712
锌	14.440±3.830	13.800	5.110~35.98
硒	0.042±0.395	0.033	0.005~0.484

图 32 2014-2018 年南宁市监测大米中元素含量 (mg/kg)

卓福团^[15]等在 2018—2020 年对来宾市 6 个县区共采集 197 份大米样品进行重金属含量检测。无机砷的检出率为 94.92%（187/197），超标率为 1.52%（3/197）。

检测项目	检测数(份)	检出数(份)	检出率(%)	检测值范围(mg/kg)	$\bar{x}\pm s$ (mg/kg)	M(mg/kg)	最高检出值(mg/kg)	超标数(份)	超标率(%)
镉	197	194	98.48	0.000 5~1.190	0.134±0.202	0.064	1.190	27	13.71
铅	197	73	37.06	0.010~0.230	0.017±0.026	0.010	0.230	1	0.51
无机砷	197	187	94.92	0.005~0.300	0.098±0.052	0.093	0.300	3	1.52
合计	197	197	100.00	-	-	-	-	30	15.23

图 33 2018-2020 年来宾市大米样品重金属检测结果

2017-2019 年广西某市大米的无机砷检出率分别为 30%（12/40）、46.3%（133/287）、28.5%（185/650），超标率为 0%、0.4%（1/287）、1.7%（11/650）。2019 年大米的无机砷含量范围最高，为 ND-0.483mg/kg，平均值为 0.102mg/kg^[8]。

样品名称	样品份数	铅含量(mg/kg)		镉含量(mg/kg)		汞含量(mg/kg)		无机砷含量(mg/kg)	
		范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
大米									
2017年	40	ND-0.132	0.023	ND-0.385	0.036	-	-	ND-0.100	0.025
2018年	287	ND-0.290	0.011	ND-1.530	0.072	ND-0.016	0.003 4	ND-0.220	0.049
2019年	650	ND-3.250	0.023	ND-1.930	0.135	ND-0.042	0.007 3	ND-0.483	0.102

图 34 2017-2019 年广西某市大米重金属含量

唐之贤^[9]等测得江苏省大米总砷含量范围为 0.003-0.513mg·kg⁻¹，检出率为 100%，平均值和中位数分别为 0.147mg·kg⁻¹和 0.138mg·kg⁻¹。通过文献调研，本文取大米总砷含量的 75%为大米中无机砷的含量，分析江苏省大米中无机砷含量的超标情况。研究结果表明，江苏省大米中无机砷含量范围为 0.003-0.385mg·kg⁻¹，平均值和中位数分别为 0.110mg·kg⁻¹和 0.104mg·kg⁻¹，大米中无机 As 含量的超标率为 0.2%。

重金属 Heavy metal	检出率 Detection ratio/%	含量范围 Range/ (mg·kg ⁻¹)	算术平均值 ^a Arithmetic mean/ (mg·kg ⁻¹)	中位数 Median/ (mg·kg ⁻¹)	标准限值 ^b Standard limit/ (mg·kg ⁻¹)	超标样本数 No. of exceeding limit	超标率 Exceeding rate/%
Cd	95	0.002-0.314	0.038	0.026	0.2	9	0.9
As	100	0.003-0.513	0.147	0.138	—	—	—
Pb	80	0.002-0.722	0.032	0.014	0.2	27	2.8
Cr	51	0.002-1.982	0.042	0.005	1	2	0.2

注：a.在计算平均值时，如果样品中元素的浓度低于检测限度(LOD)，则取 LOD 值的 1/2 进行统计计算，Cd、Pb 和 Cr 的 LOD 值为 0.004 mg·kg⁻¹，总 As 的 LOD 值为 0.006 mg·kg⁻¹。b.大米中 Cd、Pb、Cr 的标准限值参考 GB 2762—2022。

图 35 江苏省 980 份大米样品中重金属含量描述性统计

王昱骁^[19]采集了某省 9 地区共计 378 份大米，砷含量范围为 0.066-0.346mg/kg，中位数为 0.154 mg/kg，根据 GB 2762 规定砷的限量为 0.2mg/kg，超标率为 21.70% (82/378)。

重金属	含量范围 (mg/kg)	中位数 (mg/kg)	检出率 (%)	超标数 (n)	超标率 (%)
铅 (Pb)	ND~0.519	0.000	5.6%	1	0.26%
汞 (Hg)	ND~0.023	0.002	79.9%	1	0.26%
砷 (As)	0.066~0.346	0.154	100%	82	21.70%
镉 (Cd)	0.002~1.934	0.114	99.7%	58	15.34%
铬 (Cr)	ND~0.947	0.057	53.7%	0	0%

注：1.ND 表示未检出，根据《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》(GB 5009.268-2016) 铅、汞、砷、镉、铬的检出限分别为 0.02、0.001、0.002、0.002、0.05 mg/kg。

图 36 某省大米重金属含量一般情况

崔洪生^[10]对某省 34 个大米样品进行检测发现，样品中砷含量的平均值为 0.48mg/kg，超过了我国规定砷含量限值，砷的最低浓度为 0.23mg/kg 高于相应限值，超标率达到 100%，最大浓度为 0.93 mg/kg，高于规定标准的 4.0 倍以上。进一步利用单因子污染指数 (SFPI) 评估其污染

程度，当 SFPI 超过 1.0 时，就达到污染限值，砷的平均 SFPI (2.384) 大于 1.0，说明污染程度较高。砷的轻度污染占比 32.25%，中度污染占比 47.06%，重度污染占比 20.59%。

元素	最大值 (mg/kg)	最小值 (mg/kg)	中位数 (mg/kg)	标准差	均值 (mg/kg)	变异 系数	超标率	K-S 检验	偏度	峰度	阈值 (mg/kg)
Cr	3.04	0.64	1.21	0.52	1.28	40.7%	64.7%	0.188	1.50	2.97	1.00 ^b
Co	0.083	0.011	0.030	0.012	0.03	40.9%	/	0.121	2.62	11.17	Null ^a
Ni	1.63	0.22	0.93	0.43	0.84	51.6%	47.1%	0.004	0.02	-1.39	1.00 ^b
Cu	3.49	1.29	2.35	0.53	2.39	22.3%	0%	0.200	0.06	-0.47	10.00 ^b
Zn	23.64	10.44	15.71	3.13	15.73	19.9%	0%	0.200	0.53	-0.12	50.00 ^b
As	0.93	0.23	0.46	0.17	0.48	35.0%	100%	0.200	1.01	0.95	0.20 ^b
Cd	1.61	0.04	0.17	0.35	0.28	126.3%	44.1%	0.200	2.95	9.09	0.20 ^b
Pb	1.80	0.21	0.44	0.43	0.66	65.8%	100%	0.001	0.85	-0.11	0.20 ^b
Sb	0.065	0.00	0.001	0.012	0.004	276.5%	0%	0.200	4.57	22.01	1.00 ^c

a: Null 表示没有找到相关的标准值。

b: 参照《食品安全国家标准》(国家卫生健康委, 2017)。

c: 《香港公众卫生及市政条例》(PHMSO)。

图 37 某省大米中重金属含量的描述性统计

铬

杨建涛^[21]等于 2017-2020 年抽取肇庆市售大米样品 292 份，肇庆市售大米中铬含量平均值为 0.0504mg/kg，铬含量均未超国标限量。

元素	重金属含量(mg/kg)					变异系数/%	检出率/%	超标率/%
	范围	均值	中位数	P50	P95			
Pb	ND-0.19	0.0510	0.0400	0.0493-0.0527	0.0460-0.0560	61.5	22.3	0
Cd	ND-0.40	0.0885	0.0835	0.0862-0.0909	0.0816-0.0955	68.6	96.6	1.03
Cr	ND-0.57	0.0504	0.0100	0.0451-0.0556	0.0349-0.0658	149.8	48.6	0

注: Pb、Cd、Cr 的检出限分别为 0.04、0.001、0.02 mg/kg; ND 表示未检出。

图 38 大米重金属含量的基本统计分析结果

任韧等^[17]采集了 113 份大米样品，经检测：大米铬含量为 0.0058mg/kg-0.377mg/kg，检出率为 100%，平均值为 0.090mg/kg，中位值为 0.078 mg/kg，无超标现象。

元素	样品来源	含量(mg/kg)					检出率(%)	超标率(%)
		均值	P50	P90	最小值	最大值		
镉	1	0.193	0.130	0.447	0.029	0.755	100	26.9
	2	0.317	0.160	0.644	0.066	2.463	100	43.9
	3	0.444	0.302	0.779	0.010	1.581	100	62.1
	4	0.237	0.135	0.548	0.054	0.624	100	35.7
	5	0.059	0.037	0.124	0.015	0.124	100	0.0
	均值	0.250	0.164	0.733	0.010	2.463	100	42.5
铅	1	0.010 1	0.009 4	0.023 1	0.000 14	0.029 7	100	0.0
	2	0.030 7	0.023 7	0.044 4	0.000 71	0.262 3	100	2.4
	3	0.022 3	0.008 4	0.066 1	0.000 51	0.105 6	100	0.0
	4	0.023 5	0.020 5	0.035 6	0.010 18	0.036 8	100	0.0
	5	0.005 4	0.004 1	0.008 7	0.003 41	0.008 7	100	0.0
	均值	0.022	0.013	0.044	0.000 14	0.262	100	0.9
总汞	1	0.004 7	0.004 6	0.007 2	0.002 4	0.009 7	100	0.0
	2	0.005 7	0.005 4	0.008 5	0.001 4	0.013	100	0.0
	3	0.007 2	0.005 4	0.015	0.003 3	0.019 6	100	0.0
	4	0.004 2	0.004 0	0.005 7	0.001 8	0.006 2	100	0.0
	5	0.004 1	0.004 4	0.005 4	0.002 3	0.005 4	100	0.0
	均值	0.010	0.005 0	0.008 2	0.001 4	0.019 6	100	0.0
铬	1	0.074	0.050	0.226	0.005 8	0.377	100	0.0
	2	0.086	0.080	0.136	0.006 8	0.201	100	0.0
	3	0.081	0.074	0.144	0.016	0.154	100	0.0
	4	0.137	0.114	0.226	0.059	0.364	100	0.0
	5	0.188	0.186	0.247	0.130	0.247	100	0.0
	均值	0.090	0.078	0.150	0.005 8	0.377	100	0.0

图 39 杭州地区产大米重金属含量检测结果

唐之贤^[9]等测得江苏省大米铬含量范围为 0.002-1.982mg·kg⁻¹，平均值 0.042mg·kg⁻¹，其中有 2 份样本的铬含量超过了标准限值，超标率为 0.2% (2/980)。

重金属 Heavy metal	检出率 Detection ratio/%	含量范围 Range/ (mg·kg ⁻¹)	算术平均值 ^a Arithmetic mean/ (mg·kg ⁻¹)	中位数 Median/ (mg·kg ⁻¹)	标准限值 ^b Standard limit/ (mg·kg ⁻¹)	超标样本数 No. of exceeding limit	超标率 Exceeding rate/%
Cd	95	0.002-0.314	0.038	0.026	0.2	9	0.9
As	100	0.003-0.513	0.147	0.138	—	—	—
Pb	80	0.002-0.722	0.032	0.014	0.2	27	2.8
Cr	51	0.002-1.982	0.042	0.005	1	2	0.2

注：a，在计算平均值时，如果样品中元素的浓度低于检测限度(LOD)，则取 LOD 值的 1/2 进行统计计算，Cd、Pb 和 Cr 的 LOD 值为 0.004 mg·kg⁻¹，总 As 的 LOD 值为 0.006 mg·kg⁻¹。b，大米中 Cd、Pb、Cr 的标准限值参考 GB 2762—2022。

图 40 江苏省 980 份大米样品重金属含量的描述性统计

崔洪生^[10]对某省 34 个大米样品进行检测，结果表明样品中铬含量的平均值 (1.28mg/kg) 超过了国标规定限值，铬含量的超标率为 64.70%。进一步利用单因子污染指数 (SFPI) 评估其污染程度，当 SFPI 超过 1.0 时，就达到污染限值，铬的 SFPI 均值为 1.278，大于 1.0，说明污染程度较高。铬的轻度污染占比 58.82%，中度污染占比 2.94%，重度污染占比 2.94%。

元素	最大值 (mg/kg)	最小值 (mg/kg)	中位数 (mg/kg)	标准差	均值 (mg/kg)	变异 系数	超标率	K-S 检验	偏度	峰度	阈值 (mg/kg)
Cr	3.04	0.64	1.21	0.52	1.28	40.7%	64.7%	0.188	1.50	2.97	1.00 ^b
Co	0.083	0.011	0.030	0.012	0.03	40.9%	/	0.121	2.62	11.17	Null ^a
Ni	1.63	0.22	0.93	0.43	0.84	51.6%	47.1%	0.004	0.02	-1.39	1.00 ^b
Cu	3.49	1.29	2.35	0.53	2.39	22.3%	0%	0.200	0.06	-0.47	10.00 ^b
Zn	23.64	10.44	15.71	3.13	15.73	19.9%	0%	0.200	0.53	-0.12	50.00 ^b
As	0.93	0.23	0.46	0.17	0.48	35.0%	100%	0.200	1.01	0.95	0.20 ^b
Cd	1.61	0.04	0.17	0.35	0.28	126.3%	44.1%	0.200	2.95	9.09	0.20 ^b
Pb	1.80	0.21	0.44	0.43	0.66	65.8%	100%	0.001	0.85	-0.11	0.20 ^b
Sb	0.065	0.00	0.001	0.012	0.004	276.5%	0%	0.200	4.57	22.01	1.00 ^c

a: Null 表示没有找到相关的标准值。

b: 参照《食品安全国家标准》(国家卫生健康委, 2017)。

c: 《香港公众卫生及市政条例》(PHMSO)。

图 41 某省大米中重金属含量的描述性统计

项目 年份	重金属 (单位: ppm)						备注
	铅	总砷	无机砷	总汞	铬	镉	
2011	0.085	—	0.045	—	—	0.012	江苏
2012	0.068	—	<0.04	—	—	0.01	江苏
2013	<0.01	—	0.0304	—	—	0.08	江苏
2014	0.12	—	0.045	—	—	0.017	江苏
2015	<0.05	—	0.046	—	—	<0.05	江苏
2016	<0.05	—	0.059	—	—	<0.05	江苏
2017	<0.01	—	0.067	—	—	<0.05	江苏
2018	<0.04 (1批次) <0.02 (1批次) <0.01 (1批次)	0.0737 (1批次)	<0.086 (1批次)	—	—	<0.03 (1批次) <0.02 (1批次) <0.005 (1批次)	黑龙江
2019	<0.05 (1批次) <0.01 (1批次)	0.061-0.092 (共2批次)	<0.1 (共2批次)	—	—	<0.05 (1批次) <0.04 (1批次) <0.003 (1批次)	黑龙江
2020	0.01 (1批次) <0.04 (共2批次)	—	<0.1 (1批次) <0.05 (1批次)	—	—	<0.01 (1批次) <0.005 (1批次) <0.003 (1批次)	黑龙江
2021	<0.05 (共3批次) <0.04 (共2批次)	0.0646-0.161 (共2批次)	0.04-0.06 (共2批次) <0.05 (共1批次)	—	—	0.0193 (1批次) <0.003 (1批次) <0.005 (共2批次)	黑龙江
2022	<0.05 (共15批次) <0.04 (共2批次)	0.092 (1批次)	0.074-0.09 (共2批 次) <0.05 (共14批次)	<0.01 (1批次)	<0.03 (1批次)	0.0046-0.014 (共7批次) <0.005 (共2批次) <0.003 (共7批次)	黑龙江
2022	ND (共4批次)	—	ND-0.12 (共4批次)	ND (共4批次)	ND-0.095 (共4批次)	0.0189-0.029 (共4批次)	湖南

续上表

2023	<0.05 (1批次)	—	0.13	—	—	0.16	江西
2023	<0.05 (共24批次) <0.04 (1批次)	0.14 (1批次)	<0.05 (共23批次) 0.06-0.076 (共2批 次)	<0.01 (1批次)	<0.03 (1批次)	0.0052-0.013 (共6批次) <0.005 (1批次) <0.003 (共18批次)	黑龙江
2023	ND (共2批次)	0.059-0.071 (共2批次)	—	ND (共2批次)	ND (共2批次)	0.023-0.025 (共2批次)	湖南
2024	<0.05 (共2批次) <0.04 (共9批次) <0.02 (共7批次)	0.054 (1批次)	0.051-0.137 (共16批次) <0.05 (1批次)	≤0.01 (1批次)	≤0.03 (1批次)	<0.005 (共15批次) <0.004 (共3批次)	黑龙江
2024	ND (共4批次)	0.077-0.087 (共4批次)	—	ND (共4批次)	ND (共4批次)	0.02-0.046 (共4批次)	湖南

*说明:

- 1、表中“—”代表无检测数据。
- 2、未注明批次数量的均为1批次。

图 46 大米重金属监测数据

综上所述，目前我国重金属污染情况仍不容乐观，主要受地区水土环境影响，因此，有必要对婴幼儿辅食加工用大米的重金属污染从严限定。

镉的污染情况南方部分地区较为严重，2018 年市场总局和卫健委发布婴幼儿谷类辅助食品中镉的临时限量值，系列措施监管婴辅食中镉的污染情况，应引起高度重视。本标准在参考 GB 2762 对大米 ($\leq 0.2\text{mg/kg}$)、婴幼儿谷类辅助食品 ($\leq 0.06\text{mg/kg}$) 和欧盟对婴幼儿食品和加工谷物食品 ($\leq 0.04\text{mg/kg}$) 的限量，对镉拟按现有可参考标准的最高标准限定，限定为 $\leq 0.04\text{mg/kg}$ 。

铅及无机砷，GB 2762 对大米与婴幼儿谷类辅助食品的限量一致，本标准在参考上述限量的同时考虑大米制成成品时脱水的问题，GB/T 1354^[24]中规定大米的水分含量低于 14.5%或 15.5%，按照 15%左右的水分含量范围加严要求，拟定限量为 0.17mg/kg ，即 $0.2 \times (100-15)$ ，又考虑到终产品在生产过程中添加其它物料中可能会有污染物带入风险，因此在 0.17 的基础上进一步加严至 0.15，最终两者的限量均为 0.15mg/kg 。

对于总汞，上述调研信息显示超标率较低，污染情况轻微，说明我国对大米的总汞含量控制较好。对于铬，除崔洪生^[10]的结果显示超标率较高外，其余文献结果均显示超标率较低，可能是铬污染状况存在地域性，因此本标准对总汞及铬的限量参考 GB 2762 的要求。

综上，本标准对婴幼儿辅助食品用大米中重金属规定如下：

项目		指标	检验方法
铅（以 Pb 计）/（mg/kg）	\leq	0.15	GB 5009.12
镉（以 Cd 计）/（mg/kg）	\leq	0.04	GB 5009.15
总汞（以 Hg 计）/（mg/kg）	\leq	0.02	GB 5009.17
无机砷（以 As 计）/（mg/kg）	\leq	0.15	GB 5009.11
铬（以 Cr 计）/（mg/kg）	\leq	1.0	GB 5009.123

3.4.4.2 苯并[a]芘

谷物中的苯并[a]芘主要来自受重工业废水及废弃污染的水源或土壤从而富集到谷物中。关于大米中苯并[a]芘污染情况，参考调研报告和文献（目前研究较少），并结合检验结果统计分析进行评估。

黄坤^[26]等建立一种方法测定大米和小麦粉中的苯并(a)芘，方法的检出限和定量限分别为 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 和 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。随机选取实验室抽检的大米样品 4 份，所测大米样品中均未检出苯并(a)芘。

另外，起草组统计了历年来对大米苯并[a]芘监测的数据，如下图：

年份 \ 项目	苯并芘(ppb)	备注
2011	< 1	江苏
2012	< 0.1	江苏
2013	< 1	江苏
2014	< 1	江苏
2015	< 1	江苏
2016	< 1	江苏
2017	< 1	江苏
2018	< 0.5 (共2批次)	黑龙江
2019	< 0.5 (共2批次)	黑龙江
2020	< 1 (1批次) < 0.5 (共2批次)	黑龙江
2021	< 0.2 (1批次) < 0.5 (共4批次)	黑龙江
2022	< 1 (共1批次) < 0.5 (共2批次) < 0.2 (共1批次)	黑龙江
2022	ND (共1批次)	湖南
2023	—	江西
2023	< 0.5 (共2批次) < 0.2 (共2批次)	黑龙江
2023	—	湖南
2024	1 (1批次) < 0.5 (共3批次)	黑龙江
2024	—	湖南

*说明：
1、表中 “—” 代表无检测数据。
2、未注明批次数量的均为1批次。

图 47 大米中苯并芘监测数据

根据上述数据，目前我国大米中苯并[a]芘污染风险较低，因此，本标准对婴幼儿辅食加工用大米中苯并[a]芘要求参考国标限量，限定为 $\leq 2.0\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

3.4.5 农药残留限量

本标准规定为：农药残留限量应符合 GB 2763 的规定。

3.4.6 净含量

参考 GB/T 1353《大米》要求，规定为：应符合国家市场监督管理总局第 70 号《定量包装商品计量监督管理办法》的规定，为产品最大允许水分状况下的质量。并按 JJF1070 规定的方法测定。

3.5 检验规则

扦样和分样、检验的一般规则、产品组批的要求，参考 GB/T 1354 规定如下：

3.5.1 扦样、分样

按 GB/T 5491 执行。

3.5.2 检验的一般规则

按 GB/T 5490 执行。

3.5.3 产品组批

同原料、同工艺、同设备、同日期加工的同种产品为一批次。

3.5.4 出厂检验

出厂检验参考 GB/T 1354，并根据《婴幼儿辅助食品生产许可审查细则》要求，规定如下：
大米出厂检验项目为感官指标、加工质量指标、铅、镉。

3.5.5 型式检验

型式检验参考 GB/T 1354 规定如下：

有下列情况之一时必须进行型式检验：

- a) 新产品投产；
- b) 产品投产后，当原料、工艺、装备有较大改动，可能影响产品性能；
- c) 连续停产一年以上，恢复生产；
- d) 连续生产三年；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异；

f) 国家有关质量管理部门提出检验要求。

3.5.6 判定规则

判定规则参考 GB/T 1354, 规定如下:

- a) 凡不符合 GB 2715 以及国家卫生检验和植物检疫有关规定的产品, 判为非食用产品。
- b) 检验项目全部项目符合本文件规定时, 判该批产品为合格。

其中, 关于 GB/T 1354 中定等要求同加工质量指标要求, 遵循其相应品种大米标准要求即可, 不在此规定。

3.6 包装和标签

包装和标签参考 GB/T 1354, 规定如下:

3.6.1 包装

- 1) 应符合 GB/T 17109 和相关食品安全国家标准要求的规定。
- 2) 若采用包装袋, 则包装袋应坚固结实, 封口或者缝口应严密。

3.6.2 标签

- 1) 包装大米的标签标识应符合 GB 7718 和 GB 28050 的规定。产品名称应符合相应标准及等级标注。
- 2) 外包装物包装储运标识应符合 GB/T 191 的要求。
- 3) 标注的净含量应为产品最大允许水分状况下的质量。

3.7 储存和运输

储存和运输参考 GB/T 1354, 规定如下:

- 1) 袋装产品应储存在清洁、干燥、防雨、防潮、防虫、防鼠、无异味的合格仓库内, 不得与有毒、有害、易腐蚀、有异味的物质或水分较高的物质混存。
- 2) 应使用符合食品安全要求的运输工具和容器运送大米产品, 运输过程中应注意防止雨淋和被污染。

参考文献:

- [1]朱佐银,赵含珂,程海生,等.2021—2022 年上海地区大米、玉米、大豆和面粉中多种真菌毒素混合污染特征和交互作用分析[J].中国农业科学,2024,57(12):2454-2466.
- [2]李文廷,申颖,李洁,等.2019 年云南省售大米真菌毒素污染水平及风险评估[J].食品安全质量检测学报,2021,12(14):5861-5869.
- [3]曾宪冬,柳洁,曾灼祥,等.2018~2019 年深圳市大米及米粉中真菌毒素污染状况调查[J].食品安全导刊,2020,(28):60-63.
- [4]陈敬,黄建春,陈珊珊.三明市 2020 年市售大米中铅、镉污染状况监测分析[J].海峡预防医学杂志,2021,27(06):68-70.
- [5]李艳飞,谢昌平,李德洁,等.柳州地区自产大米中镉、铅和砷污染状况及其健康风险评估[J].中国卫生检验杂志,2020,30(24):3026-3029.
- [6]张静,施向东,庞洁,等.2014—2018 年南宁市大米重金属含量监测及膳食风险评估[J].职业与健康,2020,36(19):2649-2653.
- [7]黄艳桃,唐琼,陈剑锋,等.广西某市大米中镉和铅的含量分析及膳食风险评估[J].食品工业,2023,44(04):328-333.
- [8]黄艳桃,陈清德,覃梦琳,等.2017—2019 年广西某市大米及稻谷的重金属污染调查[J].职业与健康,2020,36(16):2210-2213.
- [9]唐之贤,董歌,史高玲,等.江苏省大米重金属调查与膳食摄入评估[J].农业环境科学学报,2024,43(04):721-731.
- [10]崔洪生.XX 省大米中重金属含量、空间分布及潜在健康风险评估[D].湖南大学,2023.
- [11]洪宇伟,李海鹏,谢鑫鑫,等.杭州市富阳区本地产大米中重金属含量水平及其膳食暴露评估[J].中国食品卫生杂志,2022,34(03):437-443.
- [12]高四海,蔡圆圆,刘倩倩,等.温州市本地大米重金属镉污染空间分布及人群膳食暴露风险评估[J].中国食品卫生杂志,2023,35(09):1333-1339.
- [13]罗康,施长苗,闫福,等.长兴县自产大米镉污染情况及对肾脏健康影响调查[J].中国卫生检验杂志,2023,33(05):624-626.
- [14]陈翠,胡金玲.2018~2021 年市售大米抽样中镉污染情况浅析[J].广东化工,2022,49(15):179-180+188.
- [15]卓福团,李启钦,韦爱竟,等.2018-2020 年来宾市大米重金属监测结果及健康风险评估[J].职业与健康,2021,37(13):1768-1771.
- [16]宋韶芳,陈坤才,刘于飞,等.广州市市售大米镉污染及健康风险评估[J].预防医学,2020,32(07):723-725.
- [17]任韧,龚立科,王姝婷,等.杭州产大米中重金属污染状况调查及暴露风险评估[J].中国卫生检验杂志,2020,30(12):1516-1519+1528.
- [18]范云燕,欧嵩凤,张海霞,等.南宁市大米中镉污染现状及膳食暴露研究[J].中国食品卫生杂志,2020,32(03):276-279.
- [19]王昱骁.2020-2021 年某省大米和土壤重金属含量调查及健康风险评估[D].桂林医学院,2023.
- [20]赵杰,梁艺馨.贵阳市售大米中汞含量测定[J].新农业,2019,(17):21-22.
- [21]杨建涛,闲少玲,黄思聪.2017~2020 年肇庆市售大米重金属污染水平及健康风险评估[J].广东化工,2021,48(10):174-176.
- [22]袁曼玉.黑龙江省东部地区大米重金属含量检测及健康风险评估[D].佳木斯大学,2024.
- [23]European Commission. COMMISSION REGULATION (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006.
- [24]GB/T 1354-2018
- [25]中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量(2013 版) [M]. 北京:科学出版社, 2013.
- [26]黄坤,王幸平,尹佳,等.高效液相色谱法测定大米和小麦粉中的苯并(α)芘[J].粮食与油脂,2018,31(10):86-88.