

Probieren Sie [PMC Labs](#) aus und sagen Sie uns, was Sie denken. [Erfahren Sie mehr.](#)



[Nährstoffe](#). 2019 Februar; 11(2): 421.

PMCID: PMC6413227

Online veröffentlicht 2019 Feb 17. doi: [10.3390/nu11020421](https://doi.org/10.3390/nu11020421)

PMID: [30781547](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30781547/)

Gekeimte Körner: Ein umfassender Überblick

[Paolo Benincasa](#),^{1,*} [Beatrice Falcinelli](#),¹ [Stanley Lutts](#),² [Fabio Stagnari](#),³ und [Angelica Galieni](#)⁴

¹Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno 74, 06121 Perugia, Italy; beatricefalcinelli90@gmail.com

²Groupe de Recherche en Physiologie végétale, Earth and Life Institute-Agronomy (ELI-A), Université catholique de Louvain, 5 (Bte 7.07.13) Place Croix du Sud, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium; Stanley.Lutts@uclouvain.be

³Faculty of Bioscience and Technologies for Food, Agriculture and Environment, University of Teramo, Via Carlo Lerici 1, 64023 Teramo, Italy; fstagnari@unite.it

⁴Council for Agricultural Research and Economics, Research Centre for Vegetable and Ornamental Crops, Via Salaria 1, 63030 Monsampolo del Tronto, Italy; angelica.galieni@crea.gov.it

* Correspondence: paolo.benincasa@unipg.it; Tel.: +39-075-585-6325

Received 2019 Jan 22; Accepted 2019 Feb 13.

[Copyright](#) © 2019 by the authors.

Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrakt

In den letzten zehn Jahren gab es eine Zunahme der Verwendung von gekeimten Körnern in der menschlichen Ernährung und eine parallele Zunahme in der wissenschaftlichen Literatur, die sich mit ihren Ernährungsmerkmalen und phytochemischen Inhaltsstoffen befasst. Dieser Review untersucht die physiologischen und biochemischen Veränderungen während des Keimprozesses und die Auswirkungen auf die endgültige Sprossenzusammensetzung in Bezug auf Makro- und Mikronährstoffe und bioaktive Verbindungen. Die Hauptfaktoren, die die Sprossenzusammensetzung beeinflussen, werden berücksichtigt: Genotyp, von der Mutterpflanze getestete Umweltbedingungen, Keimbedingungen. Insbesondere vertieft der Review das jüngste Wissen über die möglichen Erregungsfaktoren, die für die Erhöhung des phytochemischen Gehalts nützlich sind. Mikrobiologische Risiken und Nacherntetechnologien werden ebenfalls bewertet, und es wird eine kurze Zusammenfassung einiger wichtiger In-vivo-Studien gegeben, die mit der Verwendung von Getreidesprossen in der Nahrung übereinstimmen. Alle Arten, die zur Familie der *Poaceae* (*Gramineae*) gehören, sowie Pseudocereals-Arten sind enthalten.

Schlüsselwörter: Vollkorn, Keimung, Spross, Erregung, Phytochemikalie, Gesundheit, mikrobiologische Sicherheit

1. Einleitung

Heutzutage hat sich der Lebensstil der Verbraucher in Richtung "gesundes Leben und gesündere Lebensmittel" verschoben, folglich ist die Nahrungsmittelnachfrage mehr auf eine Ernährung ausgerichtet, die reich an Obst und Gemüse ist und sich durch einen hohen Gehalt an bioaktiven Molekülen auszeichnet. Eine besondere Rolle spielt verzehrfertiges Gemüse, das in den ersten und frühesten Pflanzenwachstumsphasen geerntet wird und allgemein als gekeimte Samen bekannt ist. Der Begriff "gekeimte Samen" umfasst verschiedene Arten von Produkten, die aus Samen gewonnen werden, abhängig von dem Teil der Pflanze, der gesammelt und konsumiert wird - insbesondere, ob der Samen besteht oder entfernt wird - und vom Wachstumssubstrat und den Umweltbedingungen während des Keimens. Für jedes dieser Produkte treten mehrere mehrdeutige kommerzielle Definitionen auf (d. H. Microgreens, Triebe, Babygreens, Kresse, Weizen gras), die sogar in der wissenschaftlichen Literatur weit verbreitet sind, und derselbe Begriff könnte sich auf verschiedene Arten von Produkten beziehen.

Dies führt häufig zu Missverständnissen und beraubt Spezialisten der grundlegenden Terminologie, auf die hingewiesen werden muss, da die einzige rechtliche Definition in westlichen Ländern für "Sprossen" und "gekeimte Körner" gegeben wird.

"Sprossen" (Verordnung (EU) Nr. 208/2013) sind "das aus der Keimung von Samen und ihrer Entwicklung in Wasser oder einem anderen Medium gewonnene Erzeugnis, das vor der Entwicklung echter Blätter geerntet wird und dazu bestimmt ist, als Ganzes, einschließlich des Saatguts, gegessen zu werden". "Gekeimte Körner" werden von der American Association of Cereal Chemists (AACC) mit Unterstützung des United States Department of Agriculture (USDA) wie folgt definiert: "Gemälzte oder gekeimte Körner, die alle ursprünglichen Kleie- und Endosperm enthalten, gelten als Vollkornprodukte, solange das Sprossenwachstum die Kernlänge nicht überschreitet und die Nährstoffwerte nicht abgenommen haben. Diese Körner sollten als gemälztes oder gekeimtes Vollkorn gekennzeichnet werden" [1].

Grundsätzlich ist es wichtig klarzustellen, dass: (i) Triebe dazu bestimmt sind, aus der Keimung von Samen in Wasser zu stammen, einen grünen Trieb mit sehr jungen Blättern und/oder Keimblättern zu erzeugen – das Endprodukt enthält nicht die Samentumente und die Wurzel [2,3]; ii) Kresse sind die im Boden oder im hydroponischen Substrat gewachsenen Triebe, die als ganze Pflanzen verkauft werden [2,3]; iii) Microgreens ist der gebräuchlichste und mehrdeutigste Marktbegriff, er kann als Sämlinge im vollständig erweiterten Keimblattstadium [4] oder im ersten echten Blattstadium bezeichnet werden, das mit Stängel, Keimblättern und ersten echten Blättern [5] verkauft wird. (iv) Weizen gras ist das jüngste Stadium der Weizenpflanze, die aus dem Weizenkorn wächst und 6–10 Tage braucht, um zu keimen [6]. Im Allgemeinen bezieht sich Weizen gras auf Triebe von *Triticum aestivum* Linn. [7] aber es könnte auf andere Arten der *Triticum*-Gattung sowie auf Arten aus der *Poaceae*-Familie ausgedehnt werden, obwohl mehrere Autoren spezifische Begriffe wie "Reis gras" [8] und "Gerstengras" [9] verwendet haben. Aus diesem Grund könnte der Oberbegriff "Getreide gras" verwendet werden. In diesem Bericht betrachten wir hauptsächlich gekeimte Samen (Sprossen und Getreide gras), die aus Vollkornprodukten der *Poaceae*-Familie gewonnen werden, einschließlich der *Triticeae* (Gerste, Roggen, Weizen und Triticale), *Oryzae* (Reissorten), *Aveneae* (Hafer) und *Andropogoneae* (Sorghum und Mais), sowie kleinere Körner wie Hirse [10]. Pseudocereals wie Quinoa, Amaranth und Buchweizen gelten ebenfalls als Vollkornprodukte, da sie ernährungsphysiologisch der Familie der *Poaceae* ähneln [11].

1.1. Verwendung von gekeimtem Saatgut in der menschlichen Ernährung

Das Keimen von Samen ist seit sehr langer Zeit bekannt, vor allem in den östlichen Ländern, wo Sämlinge traditionell als wichtiger Bestandteil der kulinarischen Geschichte konsumiert werden. Ab den 1980er Jahren erfreute sich der Verzehr von gekeimten Samen aufgrund der Nachfrage der Verbraucher nach Diätetik und exotischen gesunden Lebensmitteln auch in den westlichen Ländern großer Beliebtheit; In den letzten Jahren konzentrierte sich das Interesse an gekeimten Samen hauptsächlich auf eine geringe Verarbeitung und keine Zusatzstoffe. Aufgrund ihrer besonderen

Eigenschaften wie einzigartige Farbe, reichhaltiger Geschmack und bemerkenswerter Gehalt an bioaktiven Substanzen könnten sie verwendet werden, um die sensorischen Eigenschaften von Salaten zu verbessern oder eine Vielzahl hochwertiger Produkte zu garnieren [5]. Darüber hinaus ist das Keimen ein einfaches und kostengünstiges Verfahren, das ohne ausgeklügelte Ausrüstung durchgeführt werden kann, einen schnellen Produktionszyklus (höchstens zwei bis drei Wochen) aufweist, in der Gewächshausproduktion sehr wenig Platz einnimmt [12,13] und ziemlich hohe Erträge liefert [14].

Neben dem Mälzen, das eine besondere Art der Keimung darstellt, die für die Herstellung alkoholischer Getränke verwendet wird, können Getreidesämlinge in Form von verzehrfertigen Sprossen verzehrt oder weiterverarbeitet werden, z. B. getrocknet oder geröstet [15]. Ein möglicher Trend ist die Supplementierung von Weizenbrot in Mehl aus gekeimtem Getreide und Pseudocerealien [16]. Die hohe Akkumulation enzymatischer Aktivität unter unkontrollierten Keimbedingungen kann jedoch die physikalischen Eigenschaften des Teigs und die daraus resultierende Backleistung beeinträchtigen, was die Verwendung von gekeimtem Getreide zum Backen schwieriger macht [17]. Das dehydrierte gekeimte Getreide kann auch zur Herstellung von Nudeln, Nudeln, Laddu, ungesäuertem Brot und Brei verwendet werden [18]. Funktionelle Getränke, die durch Milchsäuregärung aus einer Mischung auf der Basis von gekeimten Körnern und Mehl [19] gewonnen werden, stellen eine mögliche Zukunftsperspektive dar. In der Tat enthält Getreide wasserlösliche Ballaststoffe, Oligosaccharide und resistente Stärke und wurde daher vorgeschlagen, die probiotischen Formulierungen zu erfüllen. Zumindest weizengras wird meist als frischer Saft oder als Tabletten, Kapseln und flüssige Konzentrate konsumiert [20]. Weitere Perspektiven könnten durch die Verwendung von Getreidesprossen als Ergänzung in der Tierernährung gegeben werden, wie es für Nichtgetreidearten vorgeschlagen wurde [21,22].

2. Veränderung der chemischen Zusammensetzung während der Keimung

Per Definition umfasst die Keimung jene Ereignisse, die mit der Aufnahme von Wasser durch den ruhenden trockenen Samen beginnen und mit der Verlängerung der Embryoachse, normalerweise des Radikels, enden, die sich erstreckt, um die Strukturen zu durchdringen, die sie umgeben [23]. Die anschließende Mobilisierung der großen Speicherreserven ist mit dem Wachstum des Sämlings verbunden [23]. Daher liegen diesem Prozess physikalische und biochemische Ereignisse zugrunde, d.h. die Schwächung der Samenabdeckungen, das Einschalten der Stoffwechselaktivität, die Aktivierung der Gentranskription, die Entspannung der embryonalen Zellwände sowie die Reassemblierung und Biogenese von Organellen [24].

Kurz gesagt, während einer ersten Phase (Phase I) gibt es eine schnelle Aufnahme von Wasser durch die trockenen Samen, bis alle Matrizen und Zellinhalte vollständig hydratisiert sind. Dann beinhaltet eine zweite Phase (Phase II) eine begrenzte Wasseraufnahme (Plateauphase), aber eine starke metabolische Reaktivierung. Die mit Phase III verbundene Erhöhung der Wasseraufnahme ist mit einer Zellverlängerung verbunden, die zum Abschluss der Keimung führt [23]. Bei der Aufnahme stellen die ruhenden trockenen Samen schnell ihre Stoffwechselaktivität wieder her, einschließlich Remobilisierung, Abbau und Akkumulation, was wichtige biochemische, ernährungsphysiologische und sensorische Veränderungen in den essbaren Produkten impliziert [25]. Die austretenden primären und sekundären Metaboliten üben beim Verzehr im Vergleich zu nicht gekeimtem Saatgut unterschiedliche biologische Auswirkungen auf die Gesundheit aus [11,26,27].

Das Ausmaß der Veränderungen der Hauptmetaboliten, die während der Keimung von Vollkornprodukten beobachtet wurden, sowie die beteiligte enzymatische Aktivität werden in diesem Abschnitt beschrieben. Es sollte jedoch betont werden, dass sich die meisten der berichteten Ergebnisse auf Sämlinge beziehen, die in den frühen Keimstadien beobachtet wurden, und streng von der Art, dem Wachstumsstadium der Sämlinge, den Keimbedingungen und den Labortechniken abhängen, die sich zwischen den Experimenten stark unterscheiden können.

2.1. Kohlenhydrate

2.1.1. Nichtstrukturelle Kohlenhydrate

Da einer der am meisten untersuchten Prozesse zur Keimlingsentwicklung die Mobilisierung komplexer Polymere wie Stärke ist, wurden die wesentlichen Veränderungen der Getreidekohlenhydrate in den meisten gekeimten Körnern ausführlich untersucht [28,29].

In keimenden Körnern katalysieren Amylasen die Hydrolyse von Stärke, die als Amylose und Amylopektin gespeichert ist, zu Einfachzuckern, d.h. den reduzierenden Zuckern Glucose und Maltose und in geringerem Maße dem nicht reduzierenden Zucker Saccharose [28], was zu einer höheren Verdaulichkeit führt [30,31].

Die Trends im Zuckerprofil von gekeimten Körnern hängen jedoch hauptsächlich von den Arten ab: Reis, Sorghum und Hirse scheinen mehr Maltose als Glukose anzusammeln, während Buchweizen Glukose anstelle von Maltose stark akkumuliert [32,33]. 5 Tage alte Buchweizensprossen zeigten ein Glukose-Maltose-Verhältnis von 3,5:1 bei einer Keimtemperatur von 20 °C [32]; dieses Verhältnis schien mit den Konzentrationen von α -Amylase und β -Amylase in Getreide während der Mälzung [33] in Verbindung zu stehen. Unterschiedliche Wirkungen wurden auch als Reaktion auf die Keimzeit berichtet, wobei Saccharose die dominierende Kohlenhydratquelle während der frühen Weizenkeimungsphase und Glukose und Maltose in den späteren Stadien (3 Tage nach der Einnahme) [28]; auch in Reis überwog Kurz nach der Einnahme Saccharose. Gekeimte Reissämlinge zeigten jedoch hohe Saccharosespiegel für eine lange Zeit nach der Einnahme, der Glukosegehalt stieg schneller an und die Maltose trat erst viel später (7 Tage nach der Einnahme) auf einem signifikanten Niveau auf [34]. Auch gekeimtes Getreidegewebe spielt eine bedeutende Rolle: Im Endosperm von Weizen und Reis befand sich ein höherer Glukosegehalt als saccharose im Scutellum [28,34]. Die Dynamik im Transportmechanismus zur Aufnahme remobilisierter Kohlenhydratreserven über das Scutellum aus dem Endosperm variiert jedoch leicht zwischen diesen beiden Arten.

Zumindest hängt die Dynamik der Stärkehydrolyse mit der Art und dem Ort des Stärkegranulats [11] und den Stärkekomponenten zusammen. Im Allgemeinen führt die Hydrolyse von Stärke zu geringen Veränderungen des Amylosegehalts, wie bei mehreren Arten, einschließlich Weizen, beobachtet [35].

2.1.2. Strukturelle Kohlenhydrate

Ballaststoffe stellen einen wichtigen Bestandteil des Vollkorns dar. Cellulose, Hemicellulose und Lignane sind wasserunlösliche Ballaststoffe, während β -Glucane und Arabinoxylane (AXs) als wasserlösliche Ballaststoffe gruppiert werden [15], obwohl sie entweder wasserextrahierbar oder wasserextraktiv sind [36]. Gerste (5–11%) und Hafer (3–7%) sind besonders reich an β -Glucanen [37] sowie Sorghum und Hirse [38], während andere Getreidearten nur geringere Mengen enthalten.

Die Wirkung der Keimung auf den Ballaststoffgehalt von gekeimten Körnern ist oft inkonsistent und hängt streng von der Ballaststofffraktion, der Keimzeit und den Genotypen ab [11]. Bei gekeimtem Weizen schien der Anstieg der Gesamtenthrohstoffe nach 196 h Inkubation spürbar zu sein, während ihr Gehalt innerhalb der ersten 48 h der Keimzeit sogar abnahm [39,40]. Es wurden keine signifikanten Effekte für Gerste beim Keimen für 72 h festgestellt [41]. Bei Reis wurde ein Anstieg der Gesamtpleitfasern nach dem Mälzen beobachtet und konnte mit der Bildung neuer primärer Zellwände erklärt werden [42]. Neben dem Anstieg des Gesamtfasergehalts wurde auch bei löslichen und unlöslichen Faserfraktionen gekeimter brauner Reissorten ein Aufwärtstrend verzeichnet, während das Verhältnis von löslichen zu unlöslichen Rekreisarten je nach Genotyp und Verarbeitungsbedingungen variierte [43]. Ein Anstieg der unlöslichen Fraktion während der Keimung wurde auch für Hafer beobachtet [37].

In gekeimter Gerste und Hafer bestimmte die hydrolytische Aktivität von endogenen β -Glucanasen eine signifikante Reduktion der β -Glucane [15]. Dies führte zu einer Abnahme der gesamten löslichen Fasern im Laufe der Zeit, bis zu 144 h [37], und zu einem anderen Verhalten in Bezug auf Arten, die durch einen geringeren β -Glucangehalt gekennzeichnet sind, wie Weizen, wo die Menge der löslichen Fraktion bis zu 96 h konstant blieb und dann bis 168 h stetig zunahm [39].

Das Ausmaß der Veränderungen des AX-Gehalts während der Keimung hat viel weniger Aufmerksamkeit erregt als β -Glucan. AXs sind Nicht-Stärke-Polysaccharide, die als Zellwandbestandteile vorkommen und mit Ferula- und p-Cumarsäure verestert sind. Im Allgemeinen wird der Gesamtgehalt der AXs durch das Keimen nicht signifikant beeinflusst [38]. Ein signifikant niedrigerer Gehalt an AXs wurde jedoch mit der Keimung von Hafer und Roggen in Verbindung gebracht [44]; Während der Brauerei von Gerste beobachtete Han [45] einen Verlust von bis zu 50% der gesamten AXs. Andererseits kann die Menge an wasserextrahierbaren AXs während des Keimens durch die Freisetzung von löslichen AXs erhöht werden, die zuvor kovalent an andere Zellwände gebunden waren, was zu veränderten Anteilen von gesamt zu wasserextrahierbaren AXs führt [46,47].

2.2. Proteine

Vollkorn-Hauptspeicherproteine der meisten Getreidearten werden nach ihren Löslichkeitseigenschaften in Albumine (wasserlöslich), Globuline (salzlöslich), Gluteline (alkalilöslich) und Prolamine (alkohollöslich) eingeteilt. Während der Getreidekeimung werden die Speicherproteine nach 2–3 Tagen nach der Einnahme durch proteolytische Enzyme zu Peptiden und Aminosäuren hydrolysiert, wodurch die Bioverfügbarkeit der Nährstoffe erhöht wird [48].

Es ist bekannt, dass der Prolamingehalt mit zunehmender Keimzeit abnimmt, wie bei Triticale, Gerste, Roggen, Hafer [14] und Weizen [39] beobachtet wird. Andererseits haben mehrere Autoren über einen Anstieg der Rohproteine in Gerste [49], Wachweizen [40], braunem Reis [50] und Hafer [51] berichtet, da die im Getreide gespeicherten Proteine und Aminosäuren durch Wasseraufnahme zersetzt, in transportable Amide umgewandelt und den wachsenden Teilen der Sämlinge zugeführt wurden [52]. Der Proteingehalt hängt jedoch vom Gleichgewicht zwischen Proteinabbau und Proteinbiosynthese während der Keimung ab [53].

Neben einem Anstieg der Aminosäuregehalte [33,40] wurden signifikante Veränderungen in der Zusammensetzung der freien Aminosäuren beobachtet. Insbesondere gekeimte Vollkornprodukte enthalten höhere Mengen an essentiellen Aminosäuren, die an der Proteinproduktion im menschlichen Körper beteiligt sind. Getreideart und Keimzeit haben den größten Einfluss auf die Aminosäurezusammensetzung. In Wachweizen erreichten die essentiellen Aminosäuren Isoleucin, Leucin, Phenylalanin und Valin nach 36 h Keimung Höchstwerte, während andere essentielle Aminosäuren (d.h. Threonin und Methionin) nach 24 und 48 h am höchsten waren [40]. Reis- und Buchweizenmalze produzierten nach 5 bzw. 4 Tagen Keimung höhere Mengen an Aminosäuren; beide Arten zeichneten sich durch sehr geringe Mengen an Asparagin, Methionin und Histidin aus [32]. Bei Hafer wurde während der Keimung ein Anstieg des Albumingehalts (reich an den essentiellen Aminosäuren Lysin und Tryptophan) und eine anschließende Abnahme des Globulin- und Prolamingehalts (arm an Lysin) beobachtet [54].

2.2.1. γ -Aminobuttersäure

γ -Aminobuttersäure (GABA) ist eine Vier-Kohlenstoff-Nicht-Protein-Aminosäure, die hauptsächlich durch die α -Decarboxylierung von L-Glutaminsäure, katalysiert durch Glutamat-Decarboxylase (GAD), produziert wird. Es wirkt als der wichtigste hemmende Neurotransmitter im Säugetierkortex [55]. Was Getreide betrifft, so wurde die GABA-Produktion in braunem Reis eingehend untersucht, obwohl mehrere Forscher eine Variation des GABA-Gehalts auch während der Keimung von Weizen und Gerste beobachtet haben [40,56]. Unabhängig von der Art steigt GABA während des Keimens dramatisch an. In braunem Reis wurde der GABA-Gehalt in Sämlingen je nach Sorte um das 2- bis 5-fache erhöht [57], bis zu 8- bis 12-fach, wenn er für 2 bis 4 Tage bei 27 bis 35 °C gekeimt wurde [58,59], unterstützt durch die erhöhte GAD-Aktivität und den reduzierten Glutamatgehalt während der Keimung [60]. Der GABA-Gehalt im Getreidesämling wird jedoch sowohl durch die Umweltbedingungen während des Keimens (d. H. Temperatur oder abiotischer Stress) als auch durch die Getreidebehandlung vor der Keimung (d. H. Einweichen oder Einweichen) stark beeinflusst.

2.3. Lipide

Selbst in Getreide, wo Stärke der Hauptkohlenstoffspeicher im Endosperm ist, sind Lipide in den lebenden Geweben von Vollkornprodukten (dh Embryo, Scutellum und Aleuron) als Öl (Triacylglycerole, TAG) reichlich vorhanden. Die Mobilisierung von TAG aus Ölkörpern erfordert eine koordinierte Stoffwechselaktivität, die mit der Keimung beginnt und zur Nettoumwandlung von Öl in Zucker führt [61]. Die Lipasen setzen zunächst die veresterten Fettsäuren (FAs) aus TAG frei. Freie Fettsäuren (FFAs) können dann durch die β -Oxidations- und Glyoxylatzyklen abgebaut und anschließend in Zucker umgewandelt werden [61]. Weitere Informationen über die Wege, die an der Umwandlung von TAG in Zucker in gekeimtem Saatgut beteiligt sind, können der berichteten Literatur entnommen werden.

Bei Hafer, der aufgrund seines hohen Ölgehalts im Vergleich zur Stärke- und Proteinkonzentration einzigartig unter den Getreidearten ist, wurde beobachtet, dass der Abbau der Ölreserven aus dem Embryo früher stattfindet als der der Ölreserven im Scutellum [62]; Die Mobilisierung von TAG-Reserven im Endosperm begann später, 1–2 Tage nach der Einnahme, und fiel mit der Akkumulation von FFAs in diesem Gewebe zusammen [62]. Bei wachartigem Weizen beeinflusste das Keimen die FA-Zusammensetzung sowohl freier als auch gebundener Lipide sowie den Gehalt an essentiellen FAs (Linol- und Linolensäure) während 48 h der Keimung nicht signifikant [40]. Das Keimen hatte einen signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung der FAs von 9 Tage alten Weizensämlingen, wie von Ozturk et al. [63] beobachtet: Der Gehalt an Linolensäure (18:3 n3) nahm zu, während die Menge an cis-18:1 und cis,cis-18:2 FAs abnahm. Umgekehrt waren nach 3 Tagen Keimung die FAs, die in Weizensprossen stärker vertreten waren, Palmitinsäure, Linolsäure und Ölsäure [64].

Darüber hinaus ist es in diesem Fall wichtig darauf hinzuweisen, dass die metabolische Dynamik von FAs streng von den Vorkeimungsbehandlungen und der Lipaseaktivität in Vollkorngeweben abhängt und dass die Spiegel einiger einzelner FAs während der Keimzeit entweder progressiv zugenommen oder abgenommen haben.

Das γ -Oryzanol ist der Hauptbestandteil der unverseifbaren Lipidfraktion, die zusammen mit Tocopherolen und Tocotrienolen zu den Nähreigenschaften und gesundheitsfördernden Eigenschaften von Reissämlingen beiträgt [65]. Nach der Keimung stieg der γ -Oryzanolgehalt in Rohreis und Braunreis um das 1,13- bzw. 1,20-fache an [66]. Die Methoden, die den Gehalt an γ -Oryzanol aus Reissämlingen maximieren, könnten jedoch weiter untersucht werden, da seine Konzentration vom sortenspezifischen Gehalt in den Kernen abhängt [67], den Wasseraufnahmeraten während des Keimungs- und Keimzeitpunkts [65].

2.4. Phytat und Mineralien

Phytat ist hochkonzentriert in mehreren Lebensmitteln, die aus Pflanzen gewonnen werden; es stellt die Hauptspeicherform von Phosphor in reifen Körnern und Hülsenfrüchten dar [68]. Beim Menschen schränkt jedoch die unzureichende endogene Darmphytase die Phosphorverwertung ein [69]; Phytat wirkt sich auch negativ auf die Bioverfügbarkeit von Mineralionen wie Zn aus $^{2+}\text{Fe}^{2+/3+}$ Ca^{2+} Mg^{2+} Mn^{2+} und Cu^{2+} da es durch eine starke chelataffinität zu kationen gekennzeichnet ist und daher als antinutritionaler faktor gilt [68].

Phytasen sind eine Unterfamilie der hochmolekularen Histidinsäurephosphatasen, die an der Hydrolyse von Phytat zu Myo-Inositol und Orthophosphat sowie anorganischem Phosphat beteiligt sind. Die Phytaseaktivität neigt dazu, während der Keimung zuzunehmen; in Gerste fanden Sung et al. [70] zu Beginn des Keimens eine sehr geringe Phytaseaktivität, die sich in den ersten Tagen auf das 8-fache erhöhte. Die Konzentration von Phytase in Vollkornprodukten variiert jedoch stark zwischen den Getreidearten, wobei Roggen die höchsten Werte und Hafer die niedrigsten Werte aufweist [15]. Infolgedessen nimmt der Phytatgehalt während der Keimung in unterschiedlichem Maße ab (siehe auch [69]). Das Keimen von braunem Reis über einen Zeitraum von 12–72 h führte zu einer Verringerung des Phytatgehalts um 60% [71], während bei 4 Tage alten Sorghumsämlingen ein Abbau von bis zu

87% des Phytats beobachtet wurde [72]. Weitere Studien zum Phytatabbau während keimender Prozesse wurden für braunen Reis [50], Gerste [37], Perlhirse [69,73], Mais [74], Sorghum und Weizen [69] berichtet.

Wenn der Phytatgehalt abnimmt, steigt die Bioverfügbarkeit von Phosphor und Mineralien. Die Keimung induzierte eine abnehmende Ca-Konzentration in Gerste und Weizen [75] und eine zunehmende Mg-Konzentration in Gerste, Hafer [37] und Weizen [75]. In Mais neigte der Gehalt der wichtigsten Makroelemente (Na, K, Mg, Ca und P) dazu, nach 2 Tagen der Keimung abzunehmen und dann auf bis zu 6 Tage zu erhöhen; Spurenelemente (Fe, Zn, Mn, Cu und Co) zeigten über die Keimzeit einen deutlichen Aufwärtstrend [74]. Für diese Arten wurde auch während des Keimens eine Erhöhung der HCl-Extrahierbarkeit sowohl von Haupt- als auch von Spurenelementen beobachtet, obwohl sie stark von Sorte beeinflusst wurde [74]. Die Extrahierbarkeit von Ca, Fe und Zn stieg von 76,9, 18,1 und 65,3% im Vollkorn auf 90,2, 37,3% bzw. 85,8% nach 96h Keimung in Fingerhirse [76]. Lemmens et al. [77] beobachteten einen Anstieg der Biozugänglichkeit von Zn und Fe von 15 bzw. 14 % bei gekeimtem Weizen auf 27 % bzw. 37 % bei hydrothermal verarbeiteten gekeimtem Weizen.

2.5. Antioxidantien

Vollkornprodukte enthalten hohe Konzentrationen an Antioxidantien wie Polyphenole, Carotinoide, Ascorbinsäure und Tocopherole, die oxidative Schäden an Keimlingszellbestandteilen ausgleichen [78].

Phenolsäuren in Samen sind sowohl in freien als auch in gebundenen Fraktionen vorhanden, wobei letztere am repräsentativsten sind und mit hydrolysierbaren Tanninen, Ligninen, Cellulose und Proteinen verbunden sind, die hauptsächlich strukturelle Bestandteile von Kleie und Aleuron sind [79]. Im Allgemeinen führt die Keimung zu einer leichten Erhöhung des Gesamtgehalts an Polyphenolen, obwohl je nach Art und Keimbedingungen unterschiedliche Beiträge von freien und gebundenen Fraktionen beobachtet werden [80,81]. Die freie Fraktion nimmt mit fortschreitendem Keimen zu und die gebundene nimmt ab, wie bei 2 Tage altem Weizen, der unter kontrollierten Bedingungen angebaut wird [82], sowie bei 12 Tage alten Sämlingen von Emmer- und Einkornsorten [83]. Umgekehrt sank bei Wachsweizen der gebundene Fraktionsgehalt nach 12 und 24 h Keimung und stieg dann nach 36 und 48 h signifikant an [40]; Ein ähnlicher Trend wurde für mehrere tetraploide und hexaploide *Triticum*-Arten berichtet [79,83,84], obwohl die in diesen Untersuchungen untersuchten Sprossen durch unterschiedliche Wachstumsstadien gekennzeichnet waren. Tatsächlich ist bekannt, dass Ferula- und p-Cumarsäuren, die stark zur gesamten gebundenen Fraktion beitragen, an der Struktur und Entwicklung der Zellwand beteiligt sind [85]. Umgekehrt nahmen bei braunem Reis sowohl freie als auch gebundene Fraktionen im Laufe der Keimzeit signifikant zu [86]; dies ist wahrscheinlich auf die Hydrolyse konjugierter phenolischer Verbindungen und auf die gleichzeitige De-novo-Biosynthese in der Embryonenachse zurückzuführen [87]. Tartarer Buchweizen ist von Natur aus reich an Flavonoiden wie Rutin, Quercetin und Catechin; bei 8-Tage-Sprossen wurden hohe Rutin- und Catechin- und niedrigere Quercetinkonzentrationen in Bezug auf Vollkornprodukte beobachtet [88]. Interessanterweise ist Hafer einzigartig unter den Getreidearten, die Avenanthramide (AVAs) - d.h. niedermolekulare lösliche phenolische Verbindungen - enthalten, von denen berichtet wurde, dass sie während der Keimung um etwa 20% zunehmen [15].

Der Keimprozess ermöglichte eine Erhöhung der β -Carotin in Weizen [89], während Gerstenmalze je nach Sorte nur begrenzte Zu- oder Abnahmen aufwies [90].

Der Vitamin-C-Gehalt in Getreide ist im Allgemeinen sehr niedrig; Viele Studien haben jedoch über höhere Vitamin-C-Spiegel in gekeimter Gerste [91] und Weizen [75,89] berichtet, wahrscheinlich aufgrund ihrer De-novo-Synthese [38]. Darüber hinaus wurden bei Weizen, der alle Tocopherolformen enthält, die Gehalte an α -, β -+ γ - und δ -Tocopherolen signifikant durch Keimung beeinflusst und um das 3,59-fache, 2,33- bzw. 2,61-fache erhöht [87]. Ein signifikant höherer Gehalt an Tocopherol wurde auch für gekeimten Reis berichtet [42], wo es eine wichtige Rolle bei der Begrenzung der nicht-enzymatischen Lipidoxidation während der Keimlingsentwicklung spielt.

3. Faktoren, die die Ernährungsqualität von gekeimten Vollkornprodukten beeinflussen

3.1. Genotyp und Samenquelle

Die bedeutendste Rolle bei der Bestimmung des Nährwerts von gekeimten Körnern spielt der Genotyp. In den letzten Jahren konzentrierten sich mehrere Studien auf die Charakterisierung von Getreide aus verschiedenen alten und modernen Getreidegenotypen [92,93,94,95,96,97] sowie Pseudogetreidearten [98,99], hauptsächlich in Bezug auf bioaktive Verbindungen.

Bekanntlich wird die biochemische Zusammensetzung von Vollkornprodukten auch durch die Umweltbedingungen während des Pflanzenwachstums, insbesondere während der Getreideentwicklung, bedingt. Bellato et al. [100] haben den Gehalt an Gesamtpolyphenolen, antiradikaler Aktivität und 5-n-Alkylresorcinolen von 30 italienischen Handelssorten von Hartweizen untersucht, die in zwei verschiedenen geografischen Gebieten in Mittel- und Süditalien angebaut werden. Die Ergebnisse zeigten, dass der Beitrag der Interaktion mit dem Genotyp (G) x der Umgebung (E) zur Gesamtvariabilität aufgrund der getrennten Effekte (G und E) geringer war als der der separate Effekte (G und E), und E machte den höchsten Anteil der Variation aus. Insbesondere stieg die Konzentration der Alkylresorcinole in der Umgebung mit trockenen Bedingungen während der Getreidefüllung an, während eine hohe Wasserverfügbarkeit während der Getreideentwicklung die Ansammlung von freien Phenolen begünstigte. Die Umwelt wurde auch als Hauptfaktor genannt, der zur Gesamtschwankung einiger Qualitätsparameter bei Winter- und Frühlingsweizensorten beiträgt [101]. Am selben Ort waren die Phenol- und Flavonoidgehalte in Hart- und Weichweizen in Jahren, die durch niedrigere Temperaturen und höhere Niederschläge während der 30 Tage vor der Ernte gekennzeichnet waren, höher [102]. Verschiedene Wirkungen von abiotischen Belastungen während der Reifung (d.h. Trockenheit oder hohe Temperaturen) wurden beobachtet [103], mit einem Anstieg des Proteingehalts [104,105] und des Carotinoidgehalts [106] und kontrastierender Effekte auf die Stärkequalität [107]. Dies liegt im Allgemeinen daran, dass Dehydrationsstress die Getreidefüllzeit verkürzt.

Der Nährwert von Weizenkörnern wird auch durch die Exposition der Mutterpflanze gegenüber biotischem Stress (d.h. Krankheitserregern, Unkräutern) und Nährstoffmangel beeinflusst. Viele Studien, die sich auf die Unterschiede in den Nährwerten zwischen biologischem und konventionellem Getreide konzentrieren, haben zu widersprüchlichen Ergebnissen geführt [108]. Im Allgemeinen haben Bio-Produkte einen geringeren Gehalt an Proteinen; Alte Weizensorten zeigen jedoch eine effizientere Nährstoffnutzung in Low-N-Umgebungen im Vergleich zu den modernen, die streng auf ein hohes Maß an verfügbarem N angewiesen sind [109]. Obwohl sich phenolische Verbindungen unter biotischen Stressbedingungen stärker anreichern und folglich oft angenommen wird, dass organische Pflanzen mehr phenolische Verbindungen enthalten, ist die Wirkung des Kultivierungssystems auf den Gehalt an Sekundärmetaboliten oft nicht signifikant, auch in Bezug auf einzelne Phenolsäuren [108]. Der Einfluss verschiedener agronomischer Praktiken oder Umweltbelastungen auf sekundäre Metaboliten im Feld wird auf natürliche Weise durch die Auswirkungen anderer potenzieller Co-Variablen verändert. Unter Gewächshausbedingungen zeigten drei chilenische Landsorten von Quinoa, die ab 34 Tagen nach der Aussaat zwei Salzgehaltsstufen (100 und 300 mM NaCl) ausgesetzt waren, eine tiefgreifende Veränderung der Aminosäurezusammensetzung und der Proteinprofile der wichtigsten Samenspeicherproteine sowie des Gehalts an bioaktiven Molekülen [110].

3.2. Keimbedingungen

Biochemische Veränderungen während des Keimens treten in Abhängigkeit von den Keimbedingungen sowie von den "Samenbelebungsbehandlungen" auf, die auf die Körner angewendet werden, um die Keimung und das Sämlingswachstum nach der Keimung zu verbessern. Seed Priming ist eine Behandlung vor der Aussaat, bei der die Samen mit einer Lösung hydratisiert werden, die es ihnen ermöglicht, die erste reversible Stufe der Keimung aufzunehmen und zu durchlaufen, aber keine Radikelpotrusion durch die Samenschale zulässt [111]. Übliche Grundierungstechniken umfassen

Osmopriming (Einweichen von Samen in osmotischen Lösungen wie Polyethylenglykol, PEG), Halopriming (Einweichen von Samen in Salzlösungen) und Hydropriming (Einweichen von Samen in Wasser) [111].

Vor kurzem wurden Forschungen durchgeführt, um die optimale Kombination von Temperatur und Zeit während der Aussaat- und Keimbehandlungen zu identifizieren, um qualitativ hochwertigere Sprossen zu erhalten, insbesondere in Bezug auf den phytochemischen Gehalt. Diese Ziele werden durch den Einsatz ausgefeilter statistischer Techniken einschließlich des Ansatzes der Antwortoberflächenmethodik erreicht. Zum Beispiel wurden in ecuadorianischen braunen Reissorten eingeweichte Körner (deionisiertes Wasser, 28 °C, 24 h) in einem Keimschrank bei 28 und 34 °C bei Dunkelheit für 48 und 96 h eingebracht [112]. Die multiple lineare Regression prognostizierte optimale Keimbedingungen für die Akkumulation von GABA und antioxidative Aktivität nach dem Einweichen, gefolgt von einer Keimung bei 34 °C für 96h, während der höchste Gesamtphenolgehalt in der Kombination von 28 °C für 96 h erhalten wurde, obwohl Unterschiede zwischen den Genotypen aufgezeichnet wurden [112]. Bei Fuchsschwanzhirse wurden der höchste Gesamtphenolgehalt, der Gesamtflavonoidgehalt und die antioxidative Aktivität mit 15,84 h Einweichen in Leitungswasser bei Raumtemperatur und 40 h Keimung bei 25 °C erhalten [113]. Die optimalen Keimbedingungen für Sorghum, das für ergänzende Lebensmittelformulierungen geeignet ist (d. h. niedriges Tannin und hoher Proteingehalt), wurden als 24 h bei 31 °C plus Keimung für 4,5 Tage bei 30 °C [114] nachgewiesen. Die höchsten antioxidativen Konzentrationen in Weizensprossen wurden nach 7 Tagen Keimung bei 16,5 °C [89] erreicht, während es in violetten Maissprossen möglich war, den Gehalt an GABA, gesamtphenolischen Verbindungen und antioxidativer Aktivität mit einer Keimtemperatur von 26 °C für 63 h zu maximieren [115]. Die gleichen Bedingungen wurden durch Kiwicha-Sprossen (*Amaranthus caudatus*) garantiert, die reich an GABA und phenolischen Verbindungen sind [116], während der höchste Phenolgehalt in gekeimter Quinoa bei 20 °C für 42 h erhalten wurde [117]. Die hier berichteten Ergebnisse beziehen sich auf spezifische Experimente, die in kontrollierter Umgebung, unter bestimmten Laborbedingungen und Keimzeiten durchgeführt wurden, so dass das Stadium des Getreidegrases nicht immer erreicht ist. Dementsprechend muss die Optimierung der Sämlingswachstumsparameter eingehend untersucht werden (siehe auch [Abschnitt 2](#)).

Nicht immer induzieren Behandlungen vor der Aussaat eine größere Ansammlung von bioaktiven Verbindungen. Während der 24 h Einweichzeit wurde ein Anstieg der gesamten phenolischen Verbindungen in braunem Reis [118] und Weizen [89] beobachtet. Der pH-Wert der Einweichlösung kann die enzymatischen Aktivitäten in Samen beeinflussen, wodurch der phytochemische Gehalt in gekeimten Körnern erhöht oder reduziert werden kann. In braunem Reis lag der optimale pH-Wert für einen höheren GABA-Gehalt zwischen 3,0 und 5,8 [119], da ein niedrigerer zytosolischer pH-Wert die GAD-Aktivität stimuliert [120]. Der GABA-Gehalt von gekeimten Gerstenkörnern nach dem Einweichen in einer Pufferlösung (pH 6,0) war etwas höher als der in Wasser [56].

Suboptimale Bedingungen während des Keimprozesses können aufgrund der Aktivierung des Sekundärstoffwechsels zu einer Ansammlung von sekundären Pflanzenstoffen in Sämlingen führen [121]. Rehydration beinhaltet ein hohes Maß an oxidativem Stress, so dass abiotischer Stress, der während der Samenkeimung induziert wird, die Produktion von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) intensivieren kann, die die Strukturen von DNA, Protein, Lipid und anderen Makromolekülen in den Samen schädigen könnten. Daher ist die ROS-Abscheidung entscheidend für die Samenkeimung unter Stressbedingungen und umfasst nicht-enzymatische Komponenten, die hauptsächlich mit der Überproduktion von Antioxidantien (z. B. Phenolen) verbunden sind [122]; ein induzierter Umweltstress während der Keimung kann als abiotischer Auslöser eingestuft werden.

Es ist wichtig zu betonen, dass die stressigen Bedingungen während des Keimens sowie die Getreidebehandlungen vor der Aussaat den Keimungsprozentsatz und / oder die Trockenmasseproduktion verringern können. Daraus folgt, dass die kommerzielle Nutzung dieser Manipulationen der Umweltbedingungen während der Keimung für jede Art angemessen eingerichtet werden sollte, um Sprossen zu erhalten, die durch höhere Nährstoff- und gesundheitsfördernde Werte gekennzeichnet sind, ohne oder nur geringfügige Beeinträchtigung der Produktionsmengen.

3.2.1. Hohe und niedrige Temperaturen

Nur wenige Studien untersuchten die Auswirkungen extremer Temperaturen während des Keimprozesses auf die Ernährungsqualität von gekeimten Samen; Die meisten dieser Forschungen konzentrierten sich auf nicht-gramineöse Arten wie zum Beispiel Linsen [123,124], Brokkoli [125], Luzerne und Rettich [126]. Bei weichem weißem Winter- und dunklem nördlichem Frühjahrsweizen stieg der GABA-Gehalt während der 48 h Keimung und nach sequentieller Hydratation mit anaeroben und Wärmebehandlungen [127]; Darüber hinaus erhöhte das Einweichen in Wasser bei 5 °C in wachsender rumpflöser Gerste den GABA-Gehalt in 72 h gekeimten Sprossen signifikant [56]. Es wurde auch berichtet, dass Kältestress die Biosynthese von Anthocyanen in verschiedenen Pflanzen reguliert, einschließlich 12 Tage alter tartarischer Buchweizensämlinge, die 4 Tage lang bei 4 °C angebaut wurden [128]. Gestresste Buchweizensprossen erhöhten den Anthocyaningehalt, insbesondere in den Epidermiszellen, wodurch ROS entfernt und das osmotische Potenzial der Zellen verringert wurde [129]. Darüber hinaus zeigen Anthocyan-reiche Sprossen hellere Farben, die dazu beitragen, ihre Ernährungs- und Gesundheitsprofile zu verbessern und mehr Verbraucher anzuziehen.

3.2.2. Lichtmodulation

Licht ist einer der Hauptfaktoren, die das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen beeinflussen. Photorezeptionssysteme reagieren auf Lichtintensität und -qualität sowie auf Lichtdauer und Intermittenz und bestimmen so pflanzliche morphogenetische Veränderungen, die Funktionsweise des Photosyntheseapparates und den Trend der Stoffwechselwege [130]. Darüber hinaus können Lichtverhältnisse die photooxidativen Veränderungen in Pflanzen hervorrufen, die zu einer veränderten Wirkung des antioxidativen Abwehrsystems führen [130]. Obwohl die Auswirkungen der Lichteinstrahlung gut dokumentiert sind, sind die Daten über die Wirkung der Lichtspektralqualität im Pflanzenstoffwechsel noch begrenzt.

Was die Sprossenproduktion betrifft, so scheint die Verwendung von Leuchtdioden (LEDs) während der Samenkeimung die wichtigste Strategie zur Verbesserung der Ernährungsqualität von Sämlingen zu sein. LEDs zeichnen sich durch Wellenlängenspezifität aus und sind im Spektralbereich von nahem Ultraviolett (UV) bis nahem Infrarot (IR) erhältlich. So können Lichtspektren durch die Auswahl spezifischer Wellenlängen, auch in Kombination miteinander, erhalten werden, um die Akkumulation spezifischer Verbindungen zu maximieren [131]. Inhärent haben einige Studien die Auswirkungen verschiedener LED-Behandlungen auf den Kohlenstoff-Stickstoff-Stoffwechsel und die Pigmentkonzentration bewertet. Urbonavičiūtė et al. [132] verglichen Weizengras und Gerstengras (7–9 cm Höhe), die unter Kontrolle angebaut wurden (Natriumdampf-Hochdrucklampen, HPS) und Lichtbehandlungen (HPS ergänzt mit bernsteinfarbenen LEDs, 595 nm). Ergänzendes blinkendes Bernsteinlicht induzierte einen Anstieg des Fructose- und Glucosegehalts in Weizensämlingen um das 1,6- und 1,3-fache, während der Glukosegehalt und die Konzentration von Xanthophyllen-Zykluspigmenten (d. h. Neoxanthin, Violaxanthin und Zeaxanthin) in Gerste erhöht wurden [132]. Bei Sämlingen (14 Tage alt) von zwei Reissorten (violette und grüne Blätter) erhöhte blaues Licht das Chl a / b-Verhältnis, die Chl-Fluoreszenz und die Gesamtproteine in den Blättern, während der Gehalt an Anthocyan in den Sämlingsblättern in roten + blauen LEDs am höchsten war [133]. In ähnlicher Weise war bei Gerstensämlingen, die unter roten + blauen LEDs gezüchtet wurden, der Aminosäuregehalt von Pflanzen doppelt so hoch wie bei Kontrollpflanzen, die unter Sonnenlicht angebaut wurden [134]. Die reichste Akkumulation von Gesamtcarotinoiden in tartaren Buchweizensprossen wurde unter weißem Licht beobachtet als unter blauem und rotem Licht [135].

Der Einfluss einer einzelnen Wellenlänge unter verschiedenen Lichtverhältnissen auf die Radikalfängeraktivität, den Gesamtphenolgehalt und die Wechselwirkungen mit anderen Antioxidantien während der Samenkeimung bleibt noch unklar. Dies ist wahrscheinlich auf die Samenempfindlichkeit zurückzuführen, die stark durch die genetisch bedingte Menge an antioxidativen Verbindungen in den Geweben bedingt ist.

Zusätzliches rotes Licht erhöhte den Gehalt an phenolischen Verbindungen in Sämlingen mehrerer graminöser und nicht-graminöser Spezies [130,136]. Rote LED erhöhte auch den Gehalt an γ -Tocopherol in 15 Tage alten Gerstensprossen [137] und den Gesamtphenolgehalt [138] und den Catechingehalt [139] in Buchweizensprossen. Die maximale Rutinkonzentration in Buchweizensprossen wurde nach 4 Tagen nach der Aussaat entweder durch rot:grün:blau (4:1:1) LED-Kombination [140] oder blaues Licht [139] erhalten. Auch bei Buchweizensämlingen trug blaues Licht zum höchsten Gesamtanthocyaningehalt bei [141]. Auf der anderen Seite beeinflusste zusätzliches Bernsteinlicht (595 nm) nicht signifikant den Phenol- und Vitamin-C-Gehalt in Weizen und Gerstensprossen [132], während zusätzliches grünes Licht einen signifikanten Anstieg der α -Tocopherol bei 3 Tage alten Weizensämlingen verursachte [130]. Die Wirkung der UV-B (>300 nm) Bestrahlung war wirksam bei der Produktion von Buchweizensprossen mit erhöhter Anthocyane, Rutin und DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrazyl-hydrat) Radikalfängeraktivität [142].

Das Zeitintervall der Exposition gegenüber natürlichen Lichtperioden wurde in gewöhnlichem und tartärem Buchweizen untersucht, wobei der höchste Gehalt an Vitamin C, Rutin und freien Aminosäuren mit zunehmenden natürlichen Lichtperioden in Bezug auf das Wachstum unter völliger Dunkelheit erhalten wurde [143]. Der Gesamtgehalt an Phenol und Flavonoid war jedoch bei 7 Tage alten Buchweizensprossen, die in dunkler Kammer angebaut wurden, größer als bei 7 Tage alten Sprossen, die im Freiland unter natürlicher Umgebung angebaut wurden [144]. Dennoch waren in der ersten Studie die natürlichen Lichtperioden während der Keimperioden nicht kontinuierlich, während in der letzteren die Keimbedingungen für andere Variablen (z. B. Substrat und Temperaturen) unterschiedlich waren. Darüber hinaus erhöhte ein längeres Wachstum (14 Tage alte Sämlinge) unter Licht signifikant den Gehalt an Rutin und Gesamtflavonoiden im Vergleich zu dunkel gewachsenen Sprossen [145]. Dies könnte durch die Hochregulierung einiger struktureller Gene erklärt werden, die an der Flavonoid-Biosynthese unter Licht beteiligt sind, wie sie bei 2, 4 und 6 Tage alten Tartarweizensprossen beobachtet wurde, die in hell/dunkler Umgebung im Vergleich zu dunkel behandelten gezüchtet wurden [146].

Schließlich ist anzumerken, dass neben den Auswirkungen auf die Sprossenzusammensetzung auch die Lichtintensität, das Spektrum und die Dauer den Energieverbrauch [147] und damit die wirtschaftlichen Kosten des Indoor-Anbaus beeinflussen, der die häufigste Situation in der Sprossenproduktion ist.

3.2.3. Salzstress

Der Salzgehalt verursacht einen der wichtigsten abiotischen Belastungen bei Pflanzen, insbesondere während des frühen Sämlingswachstums, das eine sehr salzempfindliche Phase ist. Über die Wirkung des Salzgehalts auf die phytochemische Akkumulation in essbaren Sprossen ist jedoch bisher wenig bekannt, da der Einfluss von Salzstress hauptsächlich in Bezug auf Keimraten und Physiologie bewertet wurde. Studien über Getreide sind begrenzt, so dass eine genaue Analyse der aktuellen Literatur zu diesem Thema Beweise von einigen nicht-graminösen Arten enthalten muss.

In Buchweizensprossen erhöhte sich die Menge an phenolischen Verbindungen, insbesondere Isoorientin, Orientin, Rutin und Vitexin, sowie Carotinoiden mit NaCl-Lösungsbehandlungen (10, 50, 100 und 200 mM), unabhängig vom Wachstumsstadium [148]. Bei Einkorn wurde aufgrund der Induktion von p-Cumarinsäuren und Transferulasäuren in ihrer gebundenen Form eine Zunahme der gesamten gebundenen Phenolfraktion bis 50 mM NaCl beobachtet [149]. Auch der Gesamtphenolgehalt, die Reduktionskraft, die Superoxid-Radikalfänger und die Produktionshemmung der Thiobarbitursäure-reaktiven Substanzen wurden in rohen und denaturierten wässrigen Extrakten aus Sprossen und Weizenras von Einkorn und Emmer bei steigendem Salzgehalt gemessen [150]. Für diese Genotypen betrug der beste Kompromiss zwischen Qualitätsmerkmalen (erhöht mit steigendem Salzgehalt) und Wachstum (reduziert bei steigendem Salzgehalt) 25–50 mM NaCl, d.h. der Salzgehalt, der die Polyphenol- und Antioxidantienausbeute maximierte [150].

In der Fuchsschwanzhirse erhöhte der NaCl-Stress den GABA-Gehalt, die damit verbundene GAD-Aktivität und die Konzentration freier Aminosäuren, die als Substrat für die GABA-Akkumulation fungierten [151]. Die optimale GABA-Akkumulation in gekeimtem Johannisbrotz unter Salzgehalt wurde aus 5 Tage alten Sämlingen in 34 mM NaCl-Lösung erhalten [152].

3.2.4. Hypoxie-Stress

Die Veränderung der Gaszusammensetzung während der Keimung wurde bei mehreren Spezies untersucht. Insbesondere wurde eine GABA-Akkumulation in Sämlingen als Reaktion auf Hypoxiestress während des Keimens in Sojabohnen [153,154], Faba-Bohnen [155] und braunem Reis [156] beobachtet. Die Stimulation der GABA-Synthese ist eine adaptive Reaktion von Pflanzengewebe auf stressinduzierte Zytosolazidose, die mit dem Sauerstoffdefizitstress einhergeht [157]. Tatsächlich wird Hypoxiestress häufig in Kombination mit sauren Kulturlösungen als Keimsubstrate untersucht. Der maximale GABA-Gehalt in gekeimter Fuchsschwanzhirse unter Hypoxie wurde mit einer Keimtemperatur von 33 °C, einem Luftdurchsatz von 1,9 l/min und einer pH-Lösung von 5,8 erreicht, wobei Citratpufferlösung (10 mmol/L) wirksamer war als Acetat [158]. Bei gekeimtem Tary-Buchweizen wurde die Optimierung des GABA-Gehalts durch folgende Keimbedingungen erreicht: Kulturtemperatur 31,25 °C, Luftdurchsatz 1,04 l/min und pH 4,21 (Zitronensäurepuffer – 10 mmol/L) [159].

3.2.5. Sonstige Auslassungsquellen

Mehrere andere abiotische und biotische Auslöser sowie Pflanzenhormone wurden als potenzielle Faktoren für eine verbesserte Ernährungsqualität bewertet. Im Allgemeinen beziehen sich Literaturdaten auf verschiedene Erregungsbehandlungen, die auf dieselbe Art angewendet werden, auch in Kombination miteinander, wodurch die artspezifische Reaktion auf Auslöser hervorgehoben wird. Behandlungen, die auf nicht-graminöse Spezies angewendet werden, wie in diesem Abschnitt berichtet, könnten sinnvollerweise auch auf graminöse Spezies übertragen werden, wodurch die experimentellen Bedingungen (d. h. Konzentrationen und Anwendungszeit) richtig moduliert werden. Darüber hinaus enthalten alle berichteten "Vorernte" -Ausscheidungsbehandlungen, die hier entweder als Saatgutvorbereitungsbehandlungen oder keimen in Wasserlösung bezeichnet werden, die Elicitoren sowie das Sprühen von Elicitoren-Lösung auf Keimblätter. Daher sind noch tiefere Untersuchungen zu standardisierten und artspezifischen Erhebungsprotokollen erforderlich.

Unter den abiotischen Elicitoren ist die oxidative Erregung (20 mM und 200 mM Wasserstoffperoxid - H₂O₂ - Lösungen) wurde von Świeca [160] an 8 Tage alten Linsensprossen untersucht. Der stressige Zustand, der ab 2 Tagen nach der Aussaat auferlegt wurde, ergab die höchsten Mengen an Phenolen im Keimlingsgewebe, insbesondere in Bezug auf Chlorogen-, Ferul-, o-Cumar- und Salicylsäure sowie in Bezug auf die Fähigkeit, Lipide vor Peroxidation zu schützen, die sich ungefähr um das 12- und 8-fache erhöhten. In 3 Tage alten Quinoasprossen, Behandlungen mit H₂O₂ (5 ml von 50 mM und 200 mM H₂O₂ B. Lösungen, die auf 1 Tag alte Sprossen gesprüht wurden) wurden auch in Kombination mit Lösungen von phenolischen Vorläufern, d.h. Shizimsäure, L-Phenylalanin und L-Tyrosin (0,1 mM) [161] untersucht. Oxidativer Stress erhöhte signifikant den Gesamtgehalt an Polyphenolen und Flavonoiden, während die Phenylpropanoide-Signalweg-Fütterungen nur bei der Akkumulation von Flavonoiden wirksam waren; Alle untersuchten Behandlungen verbesserten signifikant die antioxidative Kapazität, Phenylalanin-Ammoniak-Lyase (PAL) und Tyrosin-Ammoniak-Lyase (TAL) - Aktivitäten, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, abhängig von den Elicitor-Kombinationen [161].

Anorganische Salze und Metallionen können als abiotische chemische Auslöser betrachtet werden [162]. Es wurde festgestellt, dass die Verwendung von Selen als Natriumselenit oder Natriumselenat den Gehalt an Selenproteinen und den löslichen konjugierten Formen von Phenolsäuren in Reis erhöht [163], wodurch das antioxidative Abwehrsystem verbessert wird; darüber hinaus fördert Selen die Erhöhung der Glutathionperoxidase- und Superoxiddismutase-Aktivitäten [164]. In gekeimten Weizensamen wirkte sich die Anwendung von Natriumselenitlösungen (5–10 ppm) in den textilen

Keimbänken positiv auf den Vitamin-C-Gehalt und die antioxidative Aktivität von Weizensämlingen aus [165]. In Amaranthsprossen war die Wirkung von Natriumselenit auf die Gesamtreduktionskapazität und die antioxidative Aktivität eng mit dem Genotyp verbunden und es wurde keine Korrelation zwischen Selenkonzentration und Glutathionperoxidaseaktivität gefunden [164].

Die Anwendung von künstlich hergestelltem mineralreichem Wasser für den Sprossenbau hatte keinen Einfluss auf den Gehalt und die Zusammensetzung von Ballaststoffen in Weizensämlingen, während die Gesamtüberweibstoffe und Catechin signifikant verringert und Quercetin in tartartem Buchweizen erhöht wurde [88]. Gleichzeitig beeinflusste das Spurenelement Wasser (zur Verfügung gestellt von Shimanishi Kaken Co., in den Konzentrationen von 100, 200, 300, 400 und 500 ppm), als Sprühbehandlungen (4 h Intervalle) während der Keimung, nicht die Rutin-, Quercitrin- und Quercetingehalte in Buchweizensprossen (etwa 5-7 cm Länge), während 300 ppm Spurenelementwasser eine höhere radikalische Abscheidung induzierten, Ionenchelations- und Superoxid-Anionen-Abscheidungsaktivitäten [166]. Behandlungen in verschiedenen Konzentrationen von Al^{3+} , Cu^{2+} , und Zn^{2+} (metallische Zusatzstoffe) induzierten höhere Gehalte sowohl an Gesamtflavonoiden als auch an D-Chiro-Inositol in gekeimtem Tartarweizen [167]. In gekeimtem braunem Reis waren die Wirkungen von elektrolysiertem oxidierendem Wasser (pH, 3,0; Oxidationsreduktionspotential, 1079,0 mV) wirksam bei der Hemmung des mikrobiellen Wachstums während der Keimung sowie bei der Anreicherung des GABA-Gehalts in Sämlingen um das durchschnittlich 1,7-fache [168].

Unter biotischen Elicitoren, Polysacchariden und Oligosacchariden wurde die Anwendung während der Keimung umfassend untersucht. Insbesondere wurde die Wirkung von Chitosan bei mehreren nicht-graminösen Arten wie Bohnen [169], Sojabohnen [170,171,172], Linsen [173], Brokkoli [174] und Salat [175] untersucht. Darüber hinaus wurde Hefepolysaccharid (YPS) als effizienter biotischer Auslöser zur Stimulierung der Sekundärmetabolitproduktion angesehen. In tärnarem Buchweizen stimulierte YPS, das während der Keimung (50, 100, 200, 400 und 800 mg/L) angewendet wurde, die Produktion von Flavonoiden in 10 Tage alten Sprossen [176], während vier Pilzpolysaccharide, die aus dem endophytischen Pilz *Bionectra pityrodes* Fat6 gewonnen wurden - den Gesamtgehalt an Rutin und Quercetin durch die Stimulation des Phenylpropanoide-Weges erhöhten [177]. Die exogene Ausscheidung mit Hefeextrakten von *Saccharomyces cerevisiae* (0,1%w/v) hatte wenig oder keinen signifikanten Einfluss auf den Gesamtphenolgehalt und die antioxidative Aktivität von gekeimtem Weizen [25], während die Gehalte an Ferula-, p-Cumarine- und Spritzersäure in Brokkolisprossen signifikant erhöht wurden [178]. Weitere untersuchte biotische Elikatoren umfassen Mannit [179], Saccharose [180,181,182], Glucose [180,181,183], Glucosamin und Kollagen [184] sowie Teebaum [175] und *Salix daphnoides* Rinde [25] Extrakte. Darüber hinaus scheinen Fischproteinhydrolysate (FPH), die aus Nebenprodukten der Fischereiindustrie hergestellt werden, aufgrund ihres hohen Gehalts an Prolin und Prolinvorläufern unter den Proteinauslösern interessant zu sein. Insbesondere FPH-Lösungen (0, 5, 10, 15 und 20 mg/L), die während des Einweichens 24 h bei Raumtemperatur (28 ± 2 °C) auf Reiskörner aufgetragen wurden, stimulierten den Phenolgehalt in Reisgras über Prolin-verknüpfte Pentosephosphat- und Shikimatwege [185].

Die Zufuhr einiger biosynthetischer Vorläufer sowie spezifischer Phytohormone während der Keimung kann die Biosynthese von Sekundärmetaboliten verbessern. Es wurden mehrere Studien an Arten der Brassicaceae-Familie durchgeführt, bei denen exogene Elicitors wie Methionin, Tryptophan, Jasmonsäure, Salicylsäure (SA) und Methyljasmonat (MeJA) entweder als Behandlung mit Einweichlösung [174] oder direkt auf Sprossen [180, 186,187] aufgesprüht wurden, um ihre Wirkungen auf Glucosinolat und Polyphenole zu bewerten. Die Ausscheidung mit MeJA (0,1 mM MeJA gelöst in 0,25% Ethanol – auf Sprossen gesprüht) erhöhte die Gesamtpolyphenole (+54,2%) und Flavonoide (+61,5%) ebenso wie Isoorientin, Orientin, Rutin und Vitexin um etwa 18% auch in 7 Tage alten Buchweizensprossen [188]. Ähnliche Ergebnisse werden von Kim et al. [189] berichtet, die einen

signifikanten Anstieg der Phenole aufgrund der Stimulation des Phenylpropanoidweges durch MeJA-Behandlungen beobachteten. In Buchweizensprossen wurde der Phenolgehalt auch durch Ausscheidung mit Tyrosin (+30%) und Shikimsäure (+17%) erhöht [161].

Behandlungen mit elektrischen Pulsfeldern (PEF) könnten möglicherweise verwendet werden, um die Aufnahme und Keimung von Samen zu manipulieren, was zu Sämlingen mit unterschiedlichen Metabolitenzusammensetzungen führt. Körner von *Triticum aestivum* L. angemessen hydratisiert (Wassergehalt von 45% oder mehr) und anschließend elektrostimuliert durch PEF (Elektropriming), signifikant erhöhte glutathionspiegel und die Aktivitäten mehrerer Enzyme, die mit dem antioxidativen Stoffwechsel in Pflanzenzellen assoziiert sind, in 7 Tage alten Sämlingen [190].

3.3. Biofortifikation

Gekeimte Vollkornprodukte wären ein vielversprechendes Vehikel für Biofortifikationsprogramme für Lebensmittel. In braunem Reis hat eine neuere Forschung von Wei et al. [191] die Möglichkeit gezeigt, die Fe-Konzentration in gekeimten Körnern (24 h Keimung) durch Einweichen von Kernen in Lösungen von FeSO₄ zu erhöhen, kurz vor dem Keimprozess. Die Fe-Anreicherung erhöhte die Fe-Konzentration in braunen Reissprossen um das 1,1-15,6-fache, da Fe-Lösungen über das im Endosperm vorhandene dorsale Gefäßbündel über die Aleuronschichten eindringen [192], sowie die Fe-Löslichkeit, die fast 4-mal höher war als in nicht angereicherten Sprossen [191]. Die relativ geringe Permeabilität einiger Samenschalen erlaubt jedoch keine Anreicherung mit Fe-angereicherten Lösungen. Dies war der Fall bei Brokkoli und Rettich, die mit Fe(III)-EDTA- und Fe(III)-Citratlösungen getränkt waren [193]. Umgekehrt beobachteten dieselben Autoren signifikant höhere Eisenkonzentrationen in 5 Tage alten Alfalfasprossen, die aus Fe-getränkten Samen gewonnen wurden. Dieser Anstieg war mit einer signifikanten Abnahme der Ca-, Mg-, Na- und/oder Mn-Konzentrationen aufgrund der Leckage während der Einnahme und mit einer signifikanten Induktion der Konzentration phenolischer Verbindungen verbunden [193].

Pflanzensamen sind in der Lage, Se zu akkumulieren und es während der Keimung von einer anorganischen in eine organische Form (dh Se-haltige Proteine) umzuwandeln. Auf diese Weise könnte die Se-Biofortifikation während des Keimens eine gültige Strategie zur Verbesserung der Se-Konzentration in Sämlingen darstellen [163]. Bei 3 Tage alten Buchweizensprossen stieg die Gesamtkonzentration von Se tendenziell mit zunehmender externer Selenitbehandlung an [194]. Bei braunem Reis stiegen sowohl der Gesamt-Se- als auch der proteingebundene Se-Gehalt in Sämlingen mit zunehmender äußerer Selenitkonzentration (bis zu 60 µmol/L Na) signifikant an. Se₂O₃ und Keimzeit (4 Tage alte Sprossen); darüber hinaus förderte die Keimzeit die Umwandlung von anorganischem Se in proteingebundenes Se, obwohl eine sehr ungleichmäßige Verteilung in Se-haltigen Proteinen beobachtet wurde [195]. In Weizen können Se-angereicherte Kerne in Kombination mit einigen enzymatischen und Leistungsmerkmalen (d.h. α-Amylase-Aktivität) mit 35 mg/L Na erhalten werden. Se₂O₃ im Keimmedium für 24 h bei 25 °C [196].

Anreicherungsprogramme können auch während der Erntezyklen angewendet werden, was einen geeigneten Ansatz darstellt, um die Konzentration von Makro- und Mikroelementen in Vollkornprodukten zu verbessern und so ihre Dynamik während des nachfolgenden Keimprozesses zu beeinflussen. Die Blatt-Zn-Düngung, die über Rispeninitiierungs- und Getreidefüllphasen angewendet wird, stellt eine effektive agronomische Praxis zur Förderung der Zn-Konzentration von Reiskörnern dar, insbesondere wenn sie als Zn-Aminosäure und ZnSO₄ geliefert wird [197]. Die Anwendung von Zn-haltigem Harnstoff erhöhte den Zn- und Proteingehalt in Maiskörnern und zeigte bessere Ergebnisse in armen Zn-Böden [198]. Sowohl das Blattspray als auch die Bodenanwendung von Se erhöhten signifikant die Se-Aufnahme in gewöhnlichem Buchweizen, wobei der Se-Gehalt in Getreide den höchsten Korrelationskoeffizienten mit Boden-Se-Anwendungsbehandlungen aufwies [199].

4. Auswirkungen der Lagerung und Verarbeitung nach der Ernte auf die Sicherheit und Qualität der Sprossen

Sprossen werden häufig geerntet und frisch verzehrt, da sie sich naturgemäß durch einen schnellen Qualitätsverlust bei relativ niedriger Temperatur auszeichnen. Infolgedessen besteht die Notwendigkeit, die Lagerbedingungen durch Temperaturregelung und modifizierte Atmosphäre oder aktive Verpackung zu optimieren, die es ermöglichen, die chemische Zusammensetzung des Verpackungskopfraums während ihrer Haltbarkeitsdauer fein zu verwalten. Gleichzeitig war der Verzehr von Sprossen an mehreren lebensmittelbedingten Ausbrüchen beteiligt, da es keinen Tötungsschritt nach der Keimung gab. Viele Studien wurden zu diesen Themen durchgeführt, obwohl wenig über Getreide und Pseudo-Getreidesprossen gefunden wurde. Wie auch immer, die Technologien, die bei anderen Spezies verwendet werden, basieren auf allgemeinen Annahmen, obwohl die genotypische Variation in der biochemischen Zusammensetzung von Körnern möglicherweise weitere Optimierungsprotokolle erfordert.

Es ist wichtig zu präzisieren, dass "Mikrogrünstoffe" in ihrer kommerziellen Definition (siehe auch [Abschnitt 1](#)) nicht den Verzehr von Radikeln umfassen, so dass sie als frisch geschnittenes Gemüse gelten und mikrobiologische Risiken mit den vorhandenen Technologien und Verpackungen vor und während der Vermarktung bewältigt werden können [200] (siehe auch Referenz [201]). Daraus folgt, dass sich der Abschnitt "Mikrobiologische Sicherheit" hauptsächlich auf den Frischverzehr von Sprossen (einschließlich Samen) bezieht (siehe auch Referenz [2]).

4.1. Mikrobiologische Sicherheit

Die mikrobiologische Kontamination von Sprossen kann auf viele potenzielle Schadstoffquellen vor und nach der Ernte zurückzuführen sein, darunter Saatgut, Keimmedium und Einweichwasser sowie Transport, Handhabung und Lagerung von Sämlingen. Daraus folgt, dass der Produktionsprozess ausgehend von Saatgutbehandlungen optimiert werden sollte. Alle angewandten Strategien zur Verringerung von Gesundheitsrisiken umfassen physikalische, biologische und chemische Anwendungen, die in Yang et al. [202] und Ding et al. [203] ausführlich beschrieben und überprüft werden.

Physikalische Interventionsmethoden umfassen hohe und niedrige Temperaturen, hohen Druck, Bestrahlung und überkritisches Kohlendioxid, während biologische Interventionen antagonistische Mikroorganismen und antimikrobielle Metaboliten betreffen. Zu den chemischen Eingriffen gehören Desinfektions- und Desinfektionsmittel wie Ozon und Chlor sowie elektrolysiertes Wasser.

Chlor (Konzentration von 50–200 ppm) wird aufgrund seiner breiten antimikrobiellen Wirkung häufig als primäres Desinfektionsmittel nach der Ernte verwendet [204,205]. Es kann auch als Dioxidgasbehandlung eingesetzt werden, wie Studien an Mungobohnensprossen zeigen, die künstlich von Salmonellen geimpft wurden, die besser kontrolliert wurden als durch wässrige Chlorwäsche bei der Verringerung der mikrobiologischen Kontamination [206]. Diese Unterschiede könnten auf die Fähigkeit von Chlordioxidgas zurückzuführen sein, Zellen zu durchdringen und zu inaktivieren, die an unzugänglichen Stellen befestigt sind und/oder sich in Biofilmen auf der Sprossenoberfläche befinden [206]. Da Chlorverbindungen durch organische Materialien, die auf frischen Produkten vorhanden sind, inaktiviert werden können und verschiedene krebserregende organochlorhaltige Verbindungen bilden können, wurden die meisten flüssigen Lösungen organischer Säuren wie Milchsäure, Essigsäure und Apfelsäure als Alternativen zur Bekämpfung pathogener Mikroorganismen eingeführt. Zum Beispiel in Sojasprossen zeigte die Anwendung von Milchsäure (v/v, 0%, 1,5%, 2% und 2,5%) in Kombination mit milder Hitze (20 ° C, 40 ° C und 50 ° C) für 3 Minuten gegen Shiga-Toxin produzierende Escherichia coli (O157: H7 und Nicht-O157-Serogruppen einschließlich O103, O111, O145 und O26) die interessanten Reduktionen aller Serotypen nach dem Eintauchen von Sprossen in 2,5% Milchsäure bei 50 ° C [204].

In gemeinsamen Buchweizensprossen haben Chun und Song [207] die Auswirkungen auf die mikrobielle Qualität der kombinierten Behandlungen mit wässrigem Chlordioxid (ClO₂), Fumarsäure und Ultraviolett-C (UV-C). Die Autoren fanden heraus, dass 100 ppm wässriges ClO₂, 0,31% Fumarsäure und 1,9 kJ/m² UV-C stellte die optimale Kombinationsbedingung dar, die eine

Verringerung der Populationen von aeroben Gesamtbakterien, Hefe und Schimmelpilzen sowie coliformen Bakterien sowie eine akzeptable sensorische Qualität ermöglichte. Die kombinatorische Wirkung einer Desinfektionsmittelmischung (100 mg/L wässriges ClO_2 und 0,3% Fumarsäure), UV-C (2 kJ/m^2) und Verpackungen unter Schutzatmosphäre (Luft und CO_2 B. auf Buchweizensprossen, die 8 Tage bei $4 \text{ }^\circ\text{C}$ gelagert wurden, reduzierte auch die anfänglichen Impffzahlen von *Escherichia coli* O157:H7 und *Salmonella typhimurium*, ohne die Farbparameter zu beeinflussen [208].

Eine umweltfreundliche und kostengünstige Technologie zur Reduzierung mikrobiologischer Risiken im Zusammenhang mit Weizenkörnern, die mit dem Lebensmittelreger *Listeria monocytogenes* und dem Mikrofungus *Botrytis cinerea* kontaminiert sind, wurde durch den photoaktivierten Chlorophyllin-Chitosan-Komplex (Chl-KCHS) dargestellt [209].

Andere Techniken zur Gewährleistung der hygienischen Sicherheit von Sprossen könnten die Ionisationsbestrahlung, elektronenstrahlartige (E-Strahl) oder Gammastrahlenbestrahlung [210,211] sowie deren Kombination mit Natriumhypochlorit [212] umfassen. Diese Techniken unterliegen jedoch Einschränkungen und sind nicht in allen Ländern zugelassen. Darüber hinaus werden große Nachteile durch ihre nachteiligen Auswirkungen auf verschiedene Saatgutwachstumsparameter dargestellt.

4.2. Längere Haltbarkeit

Niedrige Lagertemperaturen schränken im Allgemeinen die Atem-, Seneszenz- und Wachstumsraten von Verderbnismikroorganismen ein, wodurch der Qualitätsverlust verringert werden kann [4,213]. Die Auswahl der optimalen Lagertemperatur spielt jedoch eine Schlüsselrolle, abhängig von der artspezifischen Empfindlichkeit gegenüber Abkühl- und natürlichen Zerfallsraten. Zum Beispiel untersuchten Berba und Uchanski [200] die Atemfrequenzen und Haltbarkeit von Rucola-, Rettich- und Rotkohlsämlingen (ohne Radikel) und beobachteten eine höhere Haltbarkeit, basierend auf visueller Analyse, in Rettich als bei den anderen Arten, entweder bei $4 \text{ }^\circ\text{C}$ (durchschnittlich 21 vs. 14 Tage) oder bei $10 \text{ }^\circ\text{C}$ (14 vs. 7 Tage im Durchschnitt) Lagertemperaturen. Jedenfalls muss auch deren Akzeptanz in Bezug auf Qualitätsmerkmale (biochemische Zusammensetzung) berücksichtigt werden [214].

Selbstverständlich muss der Einfluss von Lagertemperaturen in Kombination mit der atmosphärischen Zusammensetzung beim Verpacken und bei Waschbehandlungen an Sprossen vor dem Verpacken bewertet werden, die synergistisch zur Haltbarkeit beitragen (Hürdentechnologie). Zum Beispiel verlängert die Verpackung unter modifizierter Atmosphäre effektiv die Haltbarkeit der Sämlinge, indem sie O_2 verringert und Erhöhung des CO_2 Partialdrücke im Gehäusekopfraum [215]. Zu den Faktoren, die die Verpackungsatmosphäre beeinflussen, gehören jedoch die Produktatmungsrate, die Sauerstoffdurchlässigkeitsrate (OTR) des Verpackungsfilms, das Produktgewicht, die Verpackungsoberfläche und die Lagertemperaturen [216]. Da Packungsgröße und Produktgewicht in Lebensmittelversorgungsketten häufig vorgegeben sind, könnte die Auswahl einer Verpackungsfolie mit geeigneter OTR eine geeignete Möglichkeit darstellen, die Qualität zu erhalten und die Haltbarkeit zu verlängern [217]. Zum Beispiel Buchweizensprossen (ohne Radikel), die bei $5 \text{ }^\circ\text{C}$ in $16,6 \text{ pmol/s/m}^2/\text{Pa}$ ORT-Folien funktionierten bis zu 21 Tagen Lagerung optimal und bewahrten höchste Qualitätsmerkmale und Gewebeintegrität [218]. Die Autoren haben unterstrichen, wie wichtig es ist, auch das Waschen (d.h. Chlorwaschlösungen) und die Trocknungsparameter vor der Lagerung zu optimieren, was sich auf die mikrobiellen Populationen während der Lagerung auswirken könnte [218].

Zusätzlich zu den Lagerbedingungen kann die Abkühlung der Sämlinge auch einen Einfluss auf die Lagerung nach der Ernte haben, wie bei Mungobohnensprossen beobachtet [219]. Goyal und Siddiqui [220] untersuchten die Auswirkungen der UV-Bestrahlung (10 kJ/m^2 in laminarer Strömungskammer für 1 h), gepulstes elektrisches Feld (50 Hz, 10.000 V Impulse für 10 s), Heißwasserbad ($50 \text{ }^\circ\text{C}$ für 2 min) und Ethanoldämpfe (in einer Glaskammer gesättigt mit Ethanoldämpfen für 1 h) über die Qualität und Haltbarkeit von Mungobohnensprossen. Die Autoren sind zu dem Schluss gekommen, dass sowohl Ethanol- als auch Heißwasser-Tauchbehandlungen die Zerfallsentwicklung auf der Oberfläche hemmten, ohne die Farbe und die sensorische Qualität während der Lagerung zu beeinträchtigen (120 h

bei 7 ± 1 °C); Darüber hinaus erhöhte heißer Wasserabfall die gesamtlöslichen Feststoffe und den Säuregehalt von Bohnsprossen [220]. Lu et al. [221] untersuchten die Auswirkungen von Vorernte-CaCl₂ und Anwendungen von UV-B-Strahlung nach der Ernte auf die Lagerqualität von Brokkoli-Mikrogrünstoffen, die einen größeren Einfluss von CaCl hervorheben₂ Sprühbehandlung sowohl in Bezug auf den Glucosinolatgehalt als auch auf die längere Haltbarkeit. Tatsächlich ist bekannt, dass Ca-Behandlungen dazu beitragen, die Blattseneszenz zu verzögern, indem sie sich mit Pektinpolymeren in der Zellwand vernetzen und die Integrität der Zellmembran schützen [4].

Zumindest könnte die Wirkung der Lichteinwirkung auf die Qualität und die phytochemischen Konzentrationen von frischen Sprossen in Betracht gezogen werden, da sie normalerweise in Lebensmittelgeschäften unter Licht angezeigt werden. In der Tat könnte Lichteinwirkung schädliche Auswirkungen auf die Produktqualität haben. Zum Beispiel bei Rettichsämlingen (ohne Radikel) Lichteinwirkung (setzt Fluoreszenzlicht fort; Intensität von etwa 30 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) beschleunigte qualitätsverschlechterung und gewichtsverlust, während dunkle Lagerung (Intensität von ca. 0,1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) dazu beigetragen haben, die Qualität zu erhalten, die Haltbarkeit zu verlängern und während der 16-tägigen Lagerung ein höheres Verhältnis von β -Carotin und Lutein/Zeaxanthin aufrechtzuerhalten. Andererseits wurden keine signifikanten Unterschiede in der α -Tocopherol-Konzentration, der Gesamtphenolkonzentration und der antioxidativen Kapazität beobachtet [222].

4.3. Verarbeitung

Neben dem Frischverzehr können Sprossen für Säfte extrahiert oder für die Herstellung von löslichem Pulver und angereichertem Mehl getrocknet werden (siehe auch [Abschnitt 1.1](#)).

Bei der Pulverherstellung spielt der Trocknungsprozess die wichtigste Rolle, um die biochemische Qualität von Weizen gras zu erhalten. Verschiedene Trocknungsmethoden können verwendet werden, einschließlich Heißluftofen-, Mikrowellen- und Vakuumofentrocknung [223]. Im Allgemeinen zeigte die quantitative Analyse der antioxidativen Komponente von mikrowellengetrocknetem Weizen graspulver (600 W, 15 min) den höchsten Mittelwert von Gesamtphenolgehalt, Chlorophyll und Fressfähigkeit [223]. Sämlinge sollten jedoch, wie alle Lebensmittel, die reich an sekundären Pflanzenstoffen sind, bei niedriger Temperatur getrocknet werden: Für Weizen grassaft wurden verschiedene Trocknungsverfahren vorgeschlagen und untersucht [224]. Pulver aus Weizen grassaft können mit Maltodextrin und Molkenprotein eingekapselt werden, um den unerwünschten Geruch zu vermeiden und die sekundären Pflanzenstoffe zu schützen [225].

Die Fermentation ist eine weit verbreitete Technik zur Verarbeitung von Getreide und Pseudogetreide gras, um ernährungsphysiologisch interessante Verbindungen besser zu erhalten oder zu fördern [226].

Einige Studien haben die Wirkung der Sprossenzugabe bei der Formulierung verschiedener Produkte berücksichtigt und sich auf ihre technologischen Eigenschaften konzentriert. Lebensmitteltechnologien werden hier jedoch nicht im Detail untersucht, da sie den Rahmen dieses Reviews sprengen. Wir erwähnen nur die rheologischen und Backeigenschaften von Weizenmehl, das mit fermentiertem/gekeimtem Kuhbohnenmehl angereichert ist [227], die funktionellen Eigenschaften von Weizenmehl und die Haltbarkeit von Brot, das mit gekeimtem Weizen ergänzt wird [228], den höheren Gesamtzuckergehalt von Broten aus Rezepten, die Sprossen enthalten [17] sowie den höheren Phenolgehalt und die antioxidative Aktivität von angereicherten Broten mit Weizensprossenpulver [16], die Qualitätsmerkmale von Backwaren nach Zugabe von getrocknetem Gerstensprossenpulver [229], das Kochen von gekeimtem braunem Reis [230,231], die Größe und Akzeptanz von Tortillas aus gekeimtem Weizenmehl [232,233]. Einige rheologische Merkmale wie Elastizität, Wasseraufnahmeindex und Viskosität von Teigen, die mit Sprossenderivaten ergänzt werden, könnten negativ beeinflusst werden und Komplikationen und höhere Produktionskosten mit sich bringen.

5. Gekeimte Samen und die menschliche Gesundheit

Eine detaillierte Übersicht über die während der Keimung auftretenden chemischen Veränderungen wurde in [Abschnitt 2 gegeben](#). Viele dieser Modifikationen verhalten sich wie der menschliche Verdauungsprozess [\[234\]](#) und implizieren eine verbesserte Verfügbarkeit von Makro- und Mikronährstoffen, wie durch mehrere In-vitro- und In-vivo-Studien bestätigt [\[11,232\]](#). Daher sind gekeimte Körner eine komplexe Lebensmittelmatrix, in der Nährstoffe fast vollständig verfügbar sind, reich an verschiedenen antioxidativen und bioaktiven Verbindungen, die gesundheitsfördernde Lebensmittel darstellen.

In der Vergangenheit wurden viele gesundheitliche Vorteile durch die Motivation des starken in vitro antioxidativen Potenzials argumentiert, obwohl die Beziehung zwischen diesen Daten und dem in vivo messbaren Redoxstatus sehr schwach ist. Darüber hinaus ignoriert dieser Ansatz andere biologische Effekte, die vielleicht mit Verbindungen zusammenhängen könnten, die möglicherweise nicht durch einen In-vitro-Assay nachgewiesen werden können, aber dank einer guten Bioverfügbarkeit einen oxidativen Stoffwechselweg aktivieren/deaktivieren oder die Genregulation oder andere Signalwege usw. stören können [\[235\]](#). In diesem Kapitel werden nur Studien betrachtet, die sich mit dem Bioverfügbarkeitskonzept befassen.

Heutzutage konzentrieren sich die wichtigsten präklinischen und klinischen Studien auf gekeimten braunen Reis (was die Mehrheit der in diesem Review gezeigten Referenzen darstellt); Wie auch immer, eine neuere eingehendere Überprüfung, die sich auf die gesundheitlichen Vorteile von gekeimten Körnern, einschließlich anderer Getreidearten, konzentriert, wird von Lemmens et al. [\[38\]](#) zur Verfügung gestellt.

Gekeimter brauner Reis hat ein starkes Potenzial für eine bessere glykämische Kontrolle, die Korrektur von Dyslipidämie, die Verbesserung von oxidativem Stress, einen reduzierten Typ-1-Gewebeplasminogen-Aktivator-Inhibitor (PAI-1), eine erhöhte Adiponektinkonzentration und erhöhte Natrium-Kalium-Adenosin-Triphosphatase- und Homocystein-Thiolactonase-Aktivitäten bewiesen, die in Imam et al. [\[236\]](#) und Nelson et al. [\[11\]](#) ausführlich untersucht wurden.]. Diese Effekte können nicht auf eine einzelne bioaktive Verbindung zurückgeführt werden, sondern auf eine synergetische Wechselwirkung zwischen allen bioaktiven Verbindungen, die auch durch den Keimprozess induziert werden (d. h. GABA, Oryzanol, Phenole, Ballaststoffe und andere), wodurch eine größere funktionelle Wirkung erzielt wird, wenn sie als Vollwertkost konsumiert wird [\[237\]](#). Die Auswirkungen von weißem Reis, braunem Reis und gekeimtem braunem Reis bei der diätetischen Behandlung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen wurden kürzlich von Imam et al. [\[238\]](#) untersucht, die die Modulation des Fettstoffwechsels und des oxidativen Stresses bei Ratten hervorhoben. Bei trächtigen Ratten beeinflusste die Exposition gegenüber fettreicher Ernährung plus gekeimtem braunem Reis bis 4 Wochen nach der Entbindung die metabolischen Ergebnisse bei Nachkommen von Ratten mit zugrunde liegenden epigenetischen Veränderungen und transkriptionellen Implikationen, was zu einer verbesserten Glukosehomöostase führte und das Risiko von Insulinresistenzmanifestationen verringerte [\[239\]](#). Gekeimter brauner Reis, der in der Nahrung geliefert wird, reduzierte auch Fettleibigkeitskomplikationen bei fettreichen diätinduzierten fettleibigen Ratten, durch die Verbesserung der Lipidprofile und die Verringerung des Leptinspiegels und der weißen Fettgewebemasse [\[240\]](#). Gekeimter brauner Reis erhöhte den Insulinspiegel, den Insulinrezeptor, die Glukosetransporter und den Glukosestoffwechsel bei Mäusen mit induzierter Hyperglykämie [\[241\]](#). Darüber hinaus wurde in menschlichen SH-SY5Y-Zellen eine neuroprotektive Wirkung durch Genmodulationen durch gekeimte braune Reisextrakte nachgewiesen [\[242\]](#). Diese Beweise stellen nur einen vorläufigen Hinweis auf die möglichen positiven Auswirkungen von gekeimtem braunem Reis dar, und es sind noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Tartarische Buchweizensprossen wurden als Zutat für eine neue "funktionelle" Pasta verwendet, die nachweislich das kardiovaskuläre Risiko und Stoffwechselstörungen wie Bluthochdruck bei Ratten reduziert [\[243\]](#). Die Autoren haben gezeigt, dass spontan hypertensive Ratten, die mit Teigwaren gefüttert wurden, die Tartarweizensprossen (30% vs. 70% Hartweizengrieß) enthielten, verbesserte blutdruckbedingte biochemische Parameter aufwiesen, die wahrscheinlich auf die höheren Spiegel von Rutin und seinem Aglycon-Quercetin zurückzuführen sind.

Der Verzehr von Weizengrassaft hat bei Thalassämie besondere Aufmerksamkeit erhalten, vor allem aufgrund seines hohen Chlorophyllgehalts. Patienten, die während der Transfusionstherapie mit Weizengrassaft gefüttert wurden, zeigten eine bis zu 25%ige Verringerung des Transfusionsvolumenbedarfs, ohne den Hämoglobinspiegel zu beeinträchtigen, und eine Erhöhung des mittleren Zeitintervalls zwischen den Transfusionen um 29,5% [20]. Darüber hinaus wird derzeit Weizengrassaft als mögliche Therapie bei Colitis ulcerosa untersucht, da er reich an Apigenin ist, was möglicherweise mit der Normalisierung bei oxidativen Belastungen korreliert [20].

Es gibt Raum für viel Forschung zu diesem Thema: Insgesamt muss es einen Grund geben, warum die Nahrungsergänzung mit Weizenras auf *Drosophila melanogaster* die Langlebigkeit der Fliegen auf 58 Tage im Vergleich zu 52 Tagen bei Kontrollfliegen verbessert hat [6].

6. Schlussfolgerungen und Zukunftsperspektiven

Die Keimung führt zu erheblichen Veränderungen in der biochemischen Zusammensetzung von Vollkornprodukten: Stärkereserven werden durch die Einwirkung von α -Amylase mobilisiert, die die Oberfläche des Granulats korrodiert und Löcher bildet; die stickstoffhaltigen Fraktionen verschieben sich in Richtung Oligopeptide und freie Aminosäuren, und die Aminosäurezusammensetzung ändert sich ebenfalls; Triacylglycole beginnen hydrolysiert zu werden und das Verhältnis von gesättigten / ungesättigten Fettsäuren steigt; Die Menge an Anti-Ernährungsfaktoren (z. B. Phytat, Trypsinhemmer, Tannin) nimmt signifikant ab und bioaktive Verbindungen wie Phenole, Phyrosterole, Folate und GABA nehmen zu. Daher sind in gekeimten Körnern fast alle Nährstoffe vollständig verfügbar und verschiedene Antioxidantien treten in höheren Konzentrationen auf und bilden so die Grundlage, um Sprossen als "funktionelle Lebensmittel" zu definieren.

Trotz der Veränderungen, die während des Keimungsprozesses natürlich auftreten, ist es möglich, die Faktoren, die das Keimen beeinflussen, d.h. durch biotische und abiotische Elikatoren, zu modulieren, um die Konzentrationen einiger wichtiger phytochemischer Stoffe in Sprossen zu erhöhen.

Weitere Forschung ist erforderlich, um Folgendes zu bewerten: (i) die Optimierung des Keimprozesses (d. h. Wachstumsstadium, Keimbedingungen, Elicitoren) als Funktion des Genotyps, mit dem Ziel, den phytochemischen Gehalt zu modulieren / zu verbessern; ii) technologien vor und nach der Ernte zur Verringerung mikrobiologischer Risiken, ohne die nutrazeutischen Profile der Sprossen zu beeinträchtigen; (iii) die tatsächliche Übersetzbarkeit von Sprossen bioaktiven Verbindungen in biologische Vorteile bei lebensstilbedingten Krankheiten durch In-vivo-Aufsätze. Diese Ziele sollten auch unter Berücksichtigung der produktiven Perspektive erreicht werden, wobei die Ziele einer innovativen Agrar- und Lebensmitteltechnologie über die hausgemachte Produktion hinaus verfolgt werden sollten.

Autorenbeiträge

P.B., B.F. und A.G. konzipierten und schrieben das Manuskript. B.F. und A.G. untersuchten die Literatur. F.S. und S.L. waren an der Entwicklung des Manuskripts beteiligt und überarbeiteten es mit nachdenklichen Kommentaren. P.B. betreute das gesamte Werk und übernahm die Publikationsgebühr.

Finanzierung

Diese Forschung erhielt keine externe Finanzierung.

Interessenkonflikte

Die Autoren erklären keine Interessenkonflikte.

Referenzen

1. AACC International Board 2008. [(abgerufen am 12. Juli 2016)]; Online verfügbar: <http://www.aaccnet.org/initiatives/definitions/Pages/WholeGrain.aspx> .

2. Wissenschaftliches Gutachten des EFSA-Gremiums für biologische Gefahren (BIOHAZ) über das Risiko, das von Shiga-Toxin produzierenden Escherichia coli (STEC) und anderen pathogenen Bakterien in Samen und Keimlingen ausgeht. *EFSA J.* 2011; 9:2424. doi: 10.2903/j.efsa.2011.2424. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
3. EsSA-Hygienerichtlinie der European Sprouted Seeds Association (ESSA) für die Herstellung von Sprossen und Samen zum Keimen. ESSA; Brüssel, Belgien: 2016. [[Google Scholar](#)]
4. Mir S.A., Shah M.A., Mir M.M. Microgreens: Produktion, Haltbarkeit und bioaktive Komponenten. *Crit. Rev. Essen Sci. Nutr.* 2017; 57:2730–2736. doi: 10.1080/10408398.2016.1144557. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
5. Treadwell D.D., Hochmuth R., Landrum L., Laughlin W. Microgreens: A New Specialty Crop', HS1164. 2010 Florida: Institut für Lebensmittel- und Agrarwissenschaften, Universität von Florida. [(abgerufen am 12. Juli 2016)]; Online verfügbar: <http://ecolibrary.theplanetfixer.org/docs/microgreens/microgreens-a-new-specialty-crop.pdf>.
6. Pant D.C., Dave M., Tiwari A.K. Weizenras (Triticum aestivum L.) Supplementierung fördert die Langlebigkeit bei Drosophila melanogaster. *Ann. Pflanze Sci.* 2013; 2:49–54. [[Google Scholar](#)]
7. Singh N., Verma P., Pandey B.R. Therapeutisches Potential von organischem Triticum aestivum linn. (Weizenras) bei der Prävention und Behandlung chronischer Krankheiten: Ein Überblick. *J. Pharm. Sci. Drug Res.* 2012; 4:10-14. [[Google Scholar](#)]
8. Chomchan R., Siripongvutikorn S., Puttarak P., Rattanapon R. Einfluss der Selen-Bio-Anreicherung auf die Nährstoffzusammensetzungen, den Gehalt an bioaktiven Verbindungen und die antioxidativen Eigenschaften von Youngricegrass (Oryza sativa L.) *Funct. Lebensmittel Gesundheit Dis.* 2017; 7:195-209. [[Google Scholar](#)]
9. Lahouar L., El-Bok S., Achour L. Therapeutisches Potenzial junger grüner Gerstenblätter bei der Prävention und Behandlung chronischer Krankheiten: Ein Überblick. *Am. J. Chin. Medizinisch.* 2015; 43:1311–1329. doi: 10.1142/S0192415X15500743. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
10. FAO (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen) Definition und Klassifizierung von Grundstoffen (Entwurf): Getreide und Getreideerzeugnisse. [(abgerufen am 11. Juli 2016)]; 1994 Online verfügbar: <http://www.fao.org/es/faodef/fdef01e.htm>.
11. Nelson K., Stojanovska L., Vasiljevic T., Mathai M. Gekeimte Körner: Ein überlegenes Vollkorn-Functional Food? *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2013; 91:429-441. doi: 10.1139/cjpp-2012-0351. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
12. Delian E., Chira A., Bădulescu L., Chira L. Einblicke in die Physiologie von Mikrogrün. *Sci. Pap. Ser.B Hortic.* März 2015; 59:447–454. [[Google Scholar](#)]
13. Kyriacou M.C., Roupael Y., Di Gioia F., Kyratzis A., Serio F., Renna M., De Pascale S., Santamaria P. Gemüseproduktion im Mikromaßstab und der Aufstieg von Mikrogrünstoffen. *Trends Food Sci. Technol.* 2016; 57:103–115. doi: 10.1016/j.tifs.2016.09.005. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
14. Lorenz K., D'Appolonia B. Getreidesprossen: Zusammensetzung, Nährwert, Lebensmittelanwendungen. *Crit. Rev. Essen Sci. Nutr.* 1980; 13:353-385. doi: 10.1080/10408398009527295. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
15. Hübner F., Arendt E.K. Keimung von Getreidekörnern zur Verbesserung des Nährwerts: Ein Rückblick. *Crit. Rev. Essen Sci. Nutr.* 2013; 53:853–861. doi: 10.1080/10408398.2011.562060. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
16. Falcinelli B., Calzuola I., Gigliarelli L., Torricelli R., Polegri L., Vizioli V., Benincasa P., Marsili V. Phenolgehalt und antioxidative Wirkung von Vollkornbrot aus modernen und alten Weizensorten (Triticum aestivum L.) und Vorfahren, die mit Weizensprossenpulver angereichert sind. *Ital. J. Agron.* 2018; 13:297-302. doi: 10.4081/ija.2018.1220. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

17. Marti A., Cardone G., Pagani M.A., Casiraghi M.C. Mehl aus gekeimtem Weizen als neue Zutat bei der Brotherstellung. *LWT-Food Sci. Technol.* 2018; 89:237–243. doi: 10.1016/j.lwt.2017.10.052. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
18. Shingare S.P., Thorat B.N. Wirbelschichttrocknung von gekeimtem Weizen (*Triticum aestivum*) *Int. J. Food Eng.* 2013; 10:29–37. doi: 10.1515/ijfe-2012-0097 [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
19. Sharma M., Mridula D., Gupta R.K. Entwicklung eines probiotischen Getränks auf Weizenbasis. *J. Lebensmittel Sci. Technol.* 2014; 51:3926–3933. doi: 10.1007/s13197-013-0959-1. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
20. Padalia S., Drabu S., Raheja I., Gupta A., Dhamija M. Multitude potential of wheatgrass juice (Green Blood): An overview. *Chron. Junge Sci.* 2010; 1:23-28. [[Google Scholar](#)]
21. Dal Bosco A., Castellini C., Martino M., Mattioli S., Marconi O., Sileoni V., Ruggeri S., Tei F., Benincasa P. Die Wirkung von Alfalfa und Leinsprossen in der Nahrung auf den Gehalt an Antioxidantien für Kaninchenfleisch, die Lipidoxidation und die Fettsäurezusammensetzung. *Fleisch Sci.* 2015; 106:31–37. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.03.021. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
22. Mattioli S., Dal Bosco A., Martino M., Ruggeri S., Marconi O., Sileoni V., Falcinelli B., Castellini C., Benincasa P. Alfalfa und Leinsprossen-Supplementierung bereichert den Gehalt an bioaktiven Verbindungen und senkt den Cholesterinspiegel in Hühnerfleisch. *J. Funct. Lebensmittel.* Jahrgang 2016; 22:454–462. doi: 10.1016/j.jff.2016.02.007 [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
23. Bewley J.D. Samenkeimung und Ruhephase. *Pflanzenzelle.* 1997; 9:1055–1066. doi: 10.1105/tpc.9.7.1055. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
24. Logan D.C., Millar A.H., Sweetlove L.J., Hill S.A., Leaver C.J. Mitochondrial biogenesis during germination in maize embryos. *Plant Physiol.* 2001;125:662–672. doi: 10.1104/pp.125.2.662. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
25. Dziki D., Gawlik-Dziki U., Kordowska-Wiater M., Domań-Pytka M. Influence of elicitation and germination conditions on biological activity of wheat sprouts. *J. Chem.* 2015;2015:1–8. doi: 10.1155/2015/649709. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
26. Di Gioia F., Renna M., Santamaria P. *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables.* Springer; Boston, MA, USA: 2017. Sprouts, microgreens and “baby leaf” vegetables’ pp. 403–432. [[Google Scholar](#)]
27. Gan R.Y., Chan C.L., Yang Q.Q., Li H.B., Zhang D., Ge Y.Y., Gunaratne A., Ge J., Corke H. Bioactive compounds and beneficial functions of sprouted grains. In: Feng H., Nemzer B., DeVries J.V., editors. *Sprouted Grains.* AACC International Press; St. Paul, MN, USA: 2019. pp. 191–246. [[Google Scholar](#)]
28. Aoki N., Scofield G.N., Wang X.D., Offler C.E., Patrick J.W., Furbank R.T. Pathway of sugar transport in germinating wheat seeds. *Plant Physiol.* 2006;141:1255–1263. doi: 10.1104/pp.106.082719. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
29. Gujjaiah S., Kumari C. Evaluation of changes in α -amylase, β -amylase and protease during germination of cereals. *Int. J. Agric. Sci. Res.* 2013;3:55–62. [[Google Scholar](#)]
30. Chung H.J., Cho D., Park J.D., Kweon D.K., Lim S.T. In vitro starch digestibility and pasting properties of germinated brown rice after hydrothermal treatments. *J. Cereal Sci.* 2012;56:451–456. doi: 10.1016/j.jcs.2012.03.010. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
31. You S.Y., Oh S.G., Han H.M., Jun W., Hong Y.S., Chung H.J. Impact of germination on the structures and in vitro digestibility of starch from waxy brown rice. *Int. J. Boil. Macromol.* 2016;82:863–870. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2015.11.023. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

32. Agu R.C., Chiba Y., Goodfellow V., MacKinlay J., Brosnan J.M., Bringham T.A., Jack F.R., Harrison B., Pearson S.Y., Bryce J.H., et al. Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains rice and buckwheat during malting and mashing. *J. Agric. Food Chem.* 2012;60:10147–10154. doi: 10.1021/jf3028039. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
33. Chiba Y., Bryce J.H., Goodfellow V., MacKinlay J., Agu R.C., Brosnan J.M., Bringham T.A., Harrison B. Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains sorghum and millet during malting and mashing. *J. Agric. Food Chem.* 2012;60:3745–3753. doi: 10.1021/jf300965b. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
34. Scofield G.N., Aoki N., Hirose T., Takano M., Jenkins C.L., Furbank R.T. The role of the sucrose transporter, OsSUT1, in germination and early seedling growth and development of rice plants. *J. Exp. Bot.* 2007;58:483–495. doi: 10.1093/jxb/erl217. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
35. Noda T., Takigawa S., Matsuura-Endo C., Saito K., Takata K., Tabiki T., Wickramasinghe H.A.M., Yamauchi H. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften von teilweise verdauter Stärke aus gekeimtem Weizenkorn. *Carbohydr. Polym.* 2004; 56:271–277. doi: 10.1016/j.carbpol.2003.10.015. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
36. Jamar C., du Jardin P., Fauconnier M.L. Cell wall polysaccharides hydrolysis of malting barley (*Hordeum vulgare* L.): A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Umwelt.* März 2011; 15:301–313. [[Google Scholar](#)]
37. Hübner F., O'Neil T., Cashman K.D., Arendt E.K. Der Einfluss von Keimbedingungen auf Beta-Glucan, Ballaststoffe und Phytat während der Keimung von Hafer und Gerste. *Eur. Nahrungsmittel Res. Technol.* 2010; 231:27-35. doi: 10.1007/s00217-010-1247-1. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
38. Lemmens E., Moroni A.V., Pagand J., Heirbaut P., Ritala A., Karlen Y., Lê K.-A., Van den Broeck H.C., Brouns F.J.P.H., De Brier N., et al. Impact of Cereal Seed Sprouting on Its Nutritional and Technological Properties: A Critical Review. *Kompr. Rev. Food Sci. Food Saf.* Juni 2018; 18:305–328. doi: 10.1111/1541-4337.12414. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
39. Koehler P., Hartmann G., Wieser H., Rychlik M. Veränderungen von Folaten, Ballaststoffen und Proteinen in Weizen als durch Keimung beeinflusst. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2007; 55:4678–4683. doi: 10.1021/jf0633037. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
40. Hung V.P., Maeda T., Yamamoto S., Morita N. Auswirkungen der Keimung auf die Nährstoffzusammensetzung von wachstümlichem Weizen. *J. Sci. Food Agric.* 2012; 92:667–672. doi: 10.1002/jsfa.4628. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
41. Teixeira C., Nyman M., Andersson R., Alminger M. Auswirkungen von Sorte und Ziehbedingungen auf einige Gerstenbestandteile im Zusammenhang mit der Gesundheit des Dickdarms. *J. Sci. Food Agric.* 2016; 96:4821–4827. doi: 10.1002/jsfa.7923. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
42. Lee Y.R., Kim J.Y., Woo K.S., Hwang I.G., Kim K.H., Kim K.J., Kim J.H., Jeong H.S. Veränderungen der chemischen und funktionellen Bestandteile von koreanischem Rohreis vor und nach der Keimung. *Lebensmittel Sci. Biotechnol.* 2007; 16:1006-1010. [[Google Scholar](#)]
43. Ohtsubo K., Suzuki K., Yasui Y., Kasumi T. Biofunktionelle Komponenten im verarbeiteten vorgekeimten braunen Reis durch einen Twins-Crew-Extruder. *J. Lebensmittel-Compos. Anal.* 2005; 18:303–316. doi: 10.1016/j.jfca.2004.10.003 [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
44. Donkor O.N., Stojanovska L., Ginn P., Ashton J., Vasiljevic T. Gekeimte Körner: Quellen bioaktiver Verbindungen. *Lebensmittel Chem.* 2012; 135:950–959. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.058. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
45. Han J.-Y. Strukturelle Eigenschaften von Arabinoxylan in Gerste, Malz und Bier. *Lebensmittel Chem.* 2000; 70:131-138. doi: 10.1016/S0308-8146(00)00075-3. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

46. Li Y., Lu J., Gu G., Shi Z., Mao Z. Studien zu wasserextrahierbaren Arabinoxylanen beim Mälzen und Brauen. *Lebensmittel Chem.* 2005; 93:33–38. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.08.040. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
47. De Backer E., Gebruers K., Van den Ende W., Courtin C.M., Delcour J. A. Posttranslationale Verarbeitung von β -D-Xylanasen und Veränderungen der Extrahabilität von Arabinoxylanen während der Weizenkeimung. *Pflanzenphysiol. Biochem.* 2010; 48:90–97. doi: 10.1016/j.plaphy.2009.10.008. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
48. Taylor J.R., Novellie L., Liebenberg N.V. Protein body degradation in the stärke endosperm of germinating sorghum. *J. Exp. Bot.* 1985; 36:1287–1295. doi: 10.1093/jxb/36.8.1287. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
49. Youssef M.K.E.S., El-Fishawy F.A.E.K., Ramadan E.S.A.E.N., Abd El-Rahman A.M. Ernährungsbewertung von Gerste, Talbina und ihren gekeimten Erzeugnissen. *Sci. J. Crop Sci.* 2013; 2:8-19. [[Google Scholar](#)]
50. Moongngarm A., Saetung N. Vergleich chemischer Zusammensetzungen und bioaktiver Verbindungen von gekeimtem Rohreis und braunem Reis. *Lebensmittel Chem.* 2010; 122:782–788. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.03.053. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
51. Tian B., Xie B., Shi J., Wua J., Cai Y., Xu T., Xue S., Deng Q. Physikalisch-chemische Veränderungen von Hafersamen während der Keimung. *Lebensmittel Chem.* 2010; 119: 1195–1200. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.08.035. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
52. Singkhornart S., Ryu G.H. Effect of Soaking Time and Steeping Temperature on Biochemical Properties and γ -Aminobutyric Acid (GABA) Content of Germinated Wheat and Barley. *Zurück Nähren. Essen Sci.* 2011; 16:67–73. doi: 10.3746/jfn.2011.16.1.067. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
53. Rusydi M., Noraliza C.W., Azrina A., Zulkhairi A. Ernährungsbedingte Veränderungen bei gekeimten Hülsenfrüchten und Reissorten. *Lebensmittel Res. J.* 2011; 18:705-713. [[Google Scholar](#)]
54. Kaukovirta-Norja A., Wilhelmson A., Poutanen K. Keimung: Ein Mittel zur Verbesserung der Funktionalität von Hafer. *Agrar. Food Sci.* 2004; 13:100–112. doi: 10.2137/1239099041838049. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
55. Cho D.H., Lim S.T. Gekeimter brauner Reis und seine biofunktionellen Verbindungen. *Lebensmittel Chem.* 2016; 196:259–271. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.09.025. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
56. Chung H.J., Jang S.H., Cho H.Y., Lim S.T. Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA (γ -aminobutyric acid) content in gekeimter wachstiger, rumpflöser Gerste. *LWT-Food Sci. Technol.* 2009; 42:1712–1716. doi: 10.1016/j.lwt.2009.04.007. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
57. Yao S., Yang T., Zhao L., Xiong S. Die Variation des γ -Aminobuttersäuregehalts in gekeimtem braunem Reis zwischen verschiedenen Sorten. *Sci. Agric. Sünde.* 2008; 41:3974–3982. [[Google Scholar](#)]
58. Roohinejad S., Omidzadeh A., Mirhosseini H., Saari N., Mustafa S., Meor Hussin A.S., Hamid A., Abd Manap M.Y. Effect of pre-germination time on amino acid profile and gamma amino butyric acid (GABA) contents in various varieties of Malaysian brown rice. *J. Food Prop.* 2011; 14:1386–1399. doi: 10.1080/10942911003687207. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
59. Cornejo F., Caceres P. J., Martínez-Villaluenga C., Rosell C.M., Frias J. Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. *Lebensmittel Chem.* 2015; 173:298–304. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.10.037. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
60. Oh S.H. Stimulation der γ -Aminobuttersäure-Syntheseaktivität in braunem Reis durch eine Chitosan/Glutaminsäure-Keimlösung und Calcium/Calmodulin. *J. Biochem. Mol. Kochen.* 2003; 36:319–325. doi: 10.5483/BMBRep.2003.36.3.319. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

61. Graham I.A. Mobilisierung von Saatgutlageröl. *Annu. Rev. Pflanze kochen*. 2008; 59:115–142. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092938. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
62. Leonova S., Grimberg Å., Marttila S., Stymne S., Carlsson A.S. Mobilisierung von Lipidreserven während der Keimung von Hafer (*Avena sativa* L.), einem Getreide, das reich an Endospermöl ist. *J. Exp. Bot.* 2010; 61:3089-3099. doi: 10.1093/jxb/erq141. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
63. Ozturk I., Sagdic O., Hayta M., Yetim H. Alteration in α -Tocopherol, einigen Mineralstoffen und Fettsäuregehalten von Weizen durch Keimen. *Chem. Nat. Compd.* 2012; 47:876–879. doi: 10.1007/s10600-012-0092-9. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
64. Márton M., Mándoki Z., Csapo J. Bewertung der biologischen Wertigkeit von Sprossen-I. Fettgehalt, Fettsäurezusammensetzung. *Acta Universitatis Sapientiae Alimentaria*. 2010; 3:53–65. [[Google Scholar](#)]
65. Kiing I.C., Yiu P.H., Rajan A., Wong S.C. Effect of germination on γ -oryzanol content of selected Sarawak rice cultivars. *Am. J. Appl.* 2009; 6:1658–1661. doi: 10.3844/ajasp.2009.1658.1661. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
66. Kim H.Y., Hwang I.G., Kim T.M., Woo K.S., Park D.S., Kim J.H., Kim D.J., Lee J., Lee Y.R., Jeong H.S. Chemische und funktionelle Komponenten in verschiedenen Teilen von Rohreis (*Oryza sativa* L.) vor und nach der Keimung. *Lebensmittel Chem.* 2012; 134: 288–293. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.02.138. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
67. Miller A., Engel K.H. Gehalt an γ -Oryzanol und Zusammensetzung von Steryl ferulaten in braunem Reis (*Oryza sativa* L.) europäischen Ursprungs. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2006; 54:8127–8133. doi: 10.1021/jf061688n. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
68. Kumar V., Sinha A.K., Makkar H.P.S., Becker K. Diätetische Rollen von Phytat und Phytase in der menschlichen Ernährung: Eine Überprüfung. *Lebensmittel Chem.* 2010; 120: 945–959. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.11.052. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
69. Azeke M.A., Egielewa S.J., Eigbogbo M.U., Ihimire I.G. Wirkung der Keimung auf die Phytaseaktivität, den Phytat- und Gesamtphosphorgehalt von Reis (*Oryza sativa*), Mais (*Zea mays*), Hirse (*Panicum miliaceum*), Sorghum (*Sorghum bicolor*) und Weizen (*Triticum aestivum*) *J. Food Sci. Technol.* 2011; 48:724–729. doi: 10.1007/s13197-010-0186-y. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
70. Sung H.G., Shin H.T., Ha J.K., Lai H.L., Cheng K.J., Lee J.H. Einfluss der Keimtemperatur auf die Eigenschaften der Phytaseproduktion aus Gerste. *Bioresour. Technol.* 2005; 96:1297–1303. doi: 10.1016/j.biortech.2004.10.010. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
71. Liang J., Han B.-Z., Han L., Nout M.J.R., Hamer R.J. Eisen-, Zink- und Phytinsäuregehalt ausgewählter Reissorten aus China. *J. Sci. Food Agric.* 2007; 87:504–510. doi: 10.1002/jsfa.2747. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
72. Maghoub S.E.O., Elhag S.A. Wirkung des Mahlens, Einweichens, Mälzens, Wärmebehandlungs und der Fermentation auf Phytatebene von vier sudanesischen Sorghumsorten. *Lebensmittel Chem.* 1998; 61:77–80. doi: 10.1016/S0308-8146(97)00109-X. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
73. Suma P.F., Urooj A. Einfluss der Keimung auf biozugängliches Eisen und Calcium in Perlhirse (*Pennisetum typhoideum*) *J. Food Sci. Technol.* 2014; 51:976–981. doi: 10.1007/s13197-011-0585-8. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
74. Sokrab A.M., Ahmed I.A.M., Babiker E.E. Effect of germination on antinutritional factors, total, and extractable minerals of high and low phytate corn (*Zea mays* L.) genotypes. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2012; 11:123–128. doi: 10.1016/j.jssas.2012.02.002. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

75. Plaza L., de Ancos B., Cano P.M. Ernährungs- und Gesundheitsverbindungen in Sprossen und Samen von Sojabohnen (*Glycine max*), Weizen (*Triticum aestivum* L.) und Luzerne (*Medicago sativa*), die mit einem neuen Trocknungsverfahren behandelt werden. *Eur. Nahrungsmittel Res. Technol.* 2003; 216:138–144. doi: 10.1007/s00217-002-0640-9. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
76. Mbithi-Mwikya S., Van Camp J., Yiru Y., Huyghebaert A. Nährstoff- und Antinährstoffveränderungen in der Fingerhirse (*Eleusine coracana*) während des Keimens. *LWT-Food Sci. Technol.* 2000; 33:9–14. doi: 10.1006/fstl.1999.0605. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
77. Lemmens E., De Brier N., Spiers, Goos P., Smolders E., Delcour J. Die Auswirkungen der Weizenkeimung und der hydrothermalen Verarbeitung auf die Phytathydrolyse und die Verteilung, Artbildung und Biozugänglichkeit von Fe und Zn; Tagungsband des Internationalen Symposiums Zink; Leuven, Belgien. 5.–7. September 2018. [[Google Scholar](#)]
78. Bailly C. Aktive Sauerstoffspezies und Antioxidantien in der Samenbiologie. *Samen Sci. Res.* 2004; 14:93–107. doi: 10.1079/SSR2004159. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
79. Engert N., John A., Henning W., Honermeier B. Einfluss des Keimens auf die Konzentration von Phenolsäuren und die antioxidative Kapazität in Weizensorten (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum* L.) in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. *J. Appl. Bot. Essen Qual.* 2011; 84:111–118. [[Google Scholar](#)]
80. Alvarez-Jubete L., Wijngaard H., Arendt E. K., Gallagher E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of Amaranth, Quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Lebensmittel Chem.* 2010; 119:770–778. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.07.032. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
81. Pal P., Singh N., Kaur P., Kaur A., Viridi A.S., Parmar N. Vergleich der Zusammensetzung, des Proteins, der Pastierung und der phenolischen Verbindungen von braunem Reis und gekeimtem braunem Reis aus verschiedenen Sorten. *Getreide Chem.* 2016; 93:584–592. doi: 10.1094/CCHEM-03-16-0066-R. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
82. Hung V.P., Hatcher D.W., Barker W. Phenolsäurezusammensetzung gekeimter Weizen durch Ultraleistungsflüssigkeitschromatographie (UPLC) und ihre antioxidativen Aktivitäten. *Lebensmittel Chem.* 2011; 126: 1896–1901. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.12.015. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
83. Benincasa P., Galieni A., Manetta A.C., Pace R., Guiducci M., Pisante M., Stagnari F. Phenolische Verbindungen in Getreide, Sprossen und Weizengras geschälter und geschälter Weizenarten. *J. Sci. Food Agric.* 2015; 95: 1795–1803. doi: 10.1002/jsfa.6877. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
84. Ohm J.B., Lee C.W., Cho K. Gekeimter Weizen: Phytochemische Zusammensetzung und Mischungseigenschaften. *Getreide Chem.* 2016; 93:612–617. doi: 10.1094/CCHEM-01-16-0006-R. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
85. Ralph J., Hatfield R.D., Quideau S., Helm R.F., Grabber J.H., Jung H.J.G. Weg des Einbaus von p-Cumarinsäure in Mais-Lignin, wie durch NMR aufgedeckt. *J. Am. Chem. Soc.* 1994; 116:9448–9456. doi: 10.1021/ja00100a006. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
86. Ti H., Zhang R., Zhang M., Li Q., Wei Z., Zhang Y., Tang X., Deng Y., Liu L., Ma Y. Dynamische Veränderungen der freien und gebundenen phenolischen Verbindungen und der antioxidativen Aktivität von braunem Reis in verschiedenen Keimstadien. *Lebensmittel Chem.* 2014; 161:337-344. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.04.024. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
87. Žilić S., Basić Z., Hadži-Tašković Šukalović V., Maksimović V., Janković M., Filipović M. Kann der keimende Prozess, der auf Weizen angewendet wird, den Gehalt an Vitaminen und phenolischen Verbindungen und die antioxidative Kapazität des Mehls verbessern? *J. Food Sci. Technol.* 2014; 49:1040–1047. doi: 10.1111/ijfs.12397. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

88. Pongrac P., Potisek M., Fraš A., Likar M., Budič B., Myszka K., Boros D., Nečemer M., Kelemen M., Vavpetič P., et al. Zusammensetzung mineralischer Elemente und bioaktiver Verbindungen in Buchweizen und Weizensprossen, die durch natürliches mineralreiches Wasser beeinflusst werden. *J. Getreide Sci.* 2016; 69:9-16. doi: 10.1016/j.jcs.2016.02.002 [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
89. Yang F., Basu T.K., Ooraikul B. Studien zur Keimung: Bedingungen und Antioxidantiengehalt von Weizenkorn. *J. Food Sci. Nutr.* 2001; 52:319–330. doi: 10.1080/09637480120057567. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
90. Goupy P., Hugues M., Boivin P., Amiot J. Antioxidative Zusammensetzung und Aktivität von Gerste (*Hordeum vulgare*) und Malzextrakten sowie von isolierten phenolischen Verbindungen. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 1995; 79:1625–1634. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199909)79:12<1625::AID-JSFA411>3.0.CO;2-8. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
91. Danisova C., Holotnakova E., Hozova B., Buchtova V. Wirkung der Keimung auf eine Reihe von Nährstoffen ausgewählter Körner und Hülsenfrüchte. *Acta Aliment.* 1994; 23:287–298. [[Google Scholar](#)]
92. Sompong R., Siebenhandl-Ehn S., Linsberger-Martin G., Berghofer E. Physikalisch-chemische und antioxidative Eigenschaften roter und schwarzer Reissorten aus Thailand, China und Sri Lanka. *Lebensmittel Chem.* 2011; 124:132–140. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.05.115. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
93. Saleh A.S., Zhang Q., Chen J., Shen Q. Hirsekörner: Ernährungsqualität, Verarbeitung und potenzielle gesundheitliche Vorteile. *Kompr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2013; 12:281-295. doi: 10.1111/1541-4337.12012. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
94. Shewry P.R., Hey S. Unterscheiden sich "alte" Weizenarten von modernem Brotweizen in ihrem Gehalt an bioaktiven Bestandteilen? *J. Getreide Sci.* 2015; 65:236–243. doi: 10.1016/j.jcs.2015.07.014. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
95. Tadesse W., Ogonnaya F.C., Jighly A., Sanchez-Garcia M., Sohail Q., Rajaram S., Baum M. Genome-wide association mapping of yield and grain quality traits in winter wheat genotypes. *PLoS ONE.* 2015; 10: e0141339. doi: 10.1371/journal.pone.0141339. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
96. Yilmaz V.A., Brandolini A., Hidalgo A. Phenolsäuren und antioxidative Aktivität von wilden, verwilderten und domestizierten diploiden Weizensorten. *J. Getreide Sci.* 2015; 64:168–175. doi: 10.1016/j.jcs.2015.05.005. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
97. Kucek L.K., Dyck E., Russell J., Clark L., Hamelman J., Burns-Leader S., Senders S., Jones J., Benscher D., Davis M., et al. Bewertung von Weizen- und Emmersorten für handwerkliches Backen, Pastaherstellung und sensorische Qualität. *J. Getreide Sci.* 2017; 74:19–27. doi: 10.1016/j.jcs.2016.12.010. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
98. Caselato-Sousa V.M., Amaya-Farfán J. Stand des Wissens über Amaranthkorn: Eine umfassende Übersicht. *J. Essen Sci.* 2012; 77: R93–R104. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
99. Dziadek K., Kopeć A., Pastucha E., Piątkowska E., Leszczyńska T., Pisulewska E., Witkowicz R., Francik R. Gehalt an chemischer Grundzusammensetzung und bioaktiven Verbindungen in ausgewählten Sorten von Buchweizen- und Ganzenamen, geschälten Samen und Rumpf. *J. Getreide Sci.* 2016; 69:1–8. doi: 10.1016/j.jcs.2016.02.004. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
100. Bellato S., Ciccoritti R., Del Frate V., Sgrulletta D., Carbone K. Einfluss des Genotyps und der Umwelt auf den Gehalt an 5-n-Alkylresorcinolen, Gesamtphenolen und auf die antiradikale Aktivität von Hartweizenkorn. *J. Getreide Sci.* 2013; 57:162–169. doi: 10.1016/j.jcs.2012.11.003 [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

101. Shewry P.R., Piironen V., Lampi A.-M., Edelmann M., Kariluoto S., Nurmi T., Nyström L., Ravel C., Charmet G., Andersson A.A.M., et al. Der HEALTHGRAIN Wheat Diversity Screen: Auswirkungen von Genotyp und Umwelt auf phytochemische Und Ballaststoffkomponenten. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2010; 58:9291–9298. doi: 10.1021/jf100039b. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
102. Heimler D., Vignolini P., Isolani L., Arfaioli P., Ghiselli L., Romani A. Polyphenolgehalt moderner und alter Sorten von *Triticum aestivum* L. und *T. Hartweizen* Desf. Getreide in zwei Produktionsjahren. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2010; 58:7329–7334. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
103. Nuttall J.G., O'Leary G.J., Panozzo J.F., Walker C.K., Barlow K.M., Fitzgerald G.J. Models of grain quality in wheat —A review. *Feldfrüchte Res.* 2017; 202:136–145. doi: 10.1016/j.fcr.2015.12.011. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
104. Galieni A., Stagnari F., Visioli G., Marmiroli N., Specia S., Angelozzi G., D'Egidio S., Pisante M. Stickstoffdüngung von Hartweizen: Eine Fallstudie im Mittelmeerraum während des Übergangs zur konservierenden Landwirtschaft. *Ital. J. Agron.* 2016; 11:12–23. doi: 10.4081/ija.2016.662. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
105. Visioli G., Galieni A., Stagnari F., Specia S., Faccini A., Pisante M., Marmiroli N. Proteomics of Durum Wheat Grain during Transition to Conservation Agriculture. *PLoS ONE.* 2016; 11: e0156007. doi: 10.1371/journal.pone.0156007. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
106. Fratianni A., Giuzio L., Di Criscio T., Flagella Z., Panfili G. Response of carotenoids and tocopherols of durum wheat in relation to water stress and sulfur fertilization. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2013; 61:2583-2590. doi: 10.1021/jf304168r. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
107. Singh S., Singh G., Singh P., Singh N. Einfluss von Wasserstress in verschiedenen Stadien der Getreideentwicklung auf die Eigenschaften von Stärke und Protein verschiedener Weizensorten. *Lebensmittel Chem.* 2008; 108:130-139. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.10.054. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
108. Mazzoncini M., Antichi D., Silvestri N., Ciantelli G., Sgherri C. Biologisch vs. konventionell angebaute Winterweizen: Auswirkungen auf den Getreideertrag, die technologische Qualität sowie auf die phenolische Zusammensetzung und die antioxidativen Eigenschaften von Kleie und raffiniertem Mehl. *Lebensmittel Chem.* 2015; 175:445-451. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.138. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
109. Di Silvestro R., Marotti I., Bosi S., Bregola V., Carretero A.S., Sedej I., Mandic A., Sakac M., Benedettelli S., Dinelli G. Gesundheitsfördernde sekundäre Pflanzenstoffe italienischer Weichweizensorten, die unter landwirtschaftlicher Bewirtschaftung mit geringem Input angebaut werden. *J. Sci. Food Agric.* 2012; 92:2800–2810. doi: 10.1002/jsfa.5590. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
110. Aloisi I., Parrotta L., Ruiz K.B., Landi C., Bini L., Cai G., Biondi S., Del Duca S. Neue Einblicke in die Qualität von Quinoasamen unter Salzgehalt: Veränderungen der Proteom- und Aminosäureprofile, des Phenolgehalts und der antioxidativen Aktivität von Proteinextrakten. *Vorderpflanze Sci.* 2016; 7:1-21. doi: 10.3389/fpls.2016.00656. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
111. Lutts S., Benincasa P., Wojtyła L., Kubala S., Pace R., Lechowska K., Quinet M., Garnczarska M. *Seed Priming: New Comprehensive Approaches for an Old Empirical Technique*". InTech Verlage; Rijeka, Kroatien: 2016. [[Google Scholar](#)]
112. Cáceres P. J., Martínez-Villaluenga C., Amigo L., Frias J. Maximierung des phytochemischen Gehalts und der antioxidativen Aktivität ecuadorianischer brauner Reissprossen durch optimale Keimbedingungen. *Lebensmittel Chem.* 2014; 152:407–414. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.11.156. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

113. Sharma S., Saxena D.C., Riar C.S. Antioxidant activity, total phenolics, flavonoids and antinutritional characteristics of germinated foxtail millet (*Setaria italica*) *Cogent Food Agric.* 2015; 1:1081728. doi: 10.1080/23311932.2015.1081728. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
114. Claver I.P., Zhang H., Li Q., Zhou H., Zhu K. Optimierte Bedingungen des Einweichens und Keimens und ihre Wirkung auf die Zusammensetzung von Sorghum(*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Pak. J. Nutr.* 2010; 9:686-695. doi: 10.3923/pjn.2010.686.695. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
115. Paucar-Menacho L.M., Martínez-Villaluenga C., Dueñas M., Frias J., Peñas E. Optimierung der Keimzeit und -temperatur zur Maximierung des Gehalts an bioaktiven Verbindungen und der antioxidativen Aktivität von Purpurmais(*Zea mays* L.) durch Reaktionsoberflächenmethodik. *LWT-Food Sci. Technol.* 2017; 76:236–244. doi: 10.1016/j.lwt.2016.07.064. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
116. Paucar-Menacho L.M., Peñas E., Dueñas M., Frias J., Martínez-Villaluenga C. Optimierung der Keimbedingungen zur Verbesserung der Akkumulation bioaktiver Verbindungen und der antioxidativen Aktivität von Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) unter Verwendung der Reaktionsoberflächenmethodik. *LWT-Food Sci. Technol.* 2017; 76:245-252. doi: 10.1016/j.lwt.2016.07.038. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
117. Paucar-Menacho L.M., Martínez-Villaluenga C., Dueñas M., Frias J., Peñas E. Response surface optimization of germination conditions to improve the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity in quinoa. *J. Food Sci. Technol.* 2018; 53:516–524. doi: 10.1111/ijfs.13623. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
118. Bishnoi S., Khetarpaul N., Yadav R.K. Effect of domestic processing and cooking methods on phytic acid and polyphenol content of peas. *Pflanzliche Lebensmittel Hum. Nutr.* 1994; 45:381–388. doi: 10.1007/BF01088088. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
119. Charoenthaikij P., Jangchud K., Jangchud A. Keimbedingungen beeinflussen die physikalisch-chemischen Eigenschaften von gekeimtem braunem Reismehl. *Lebensmittel Chem.* 2009; 74:658–669. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01345.x [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
120. Zhang Q., Xiang J., Zhang L., Zhu X., Evers J., van der Werf W., Duan L. Optimierung der Einweich- und Keimbedingungen zur Verbesserung des Gamma-Aminobuttersäuregehalts in Japonica und Indica gekeimtem braunem Reis. *J. Funct. Lebensmittel.* Jahrgang 2014; 10:283-291. doi: 10.1016/j.jff.2014.06.009. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
121. Liu H., Kang Y., Zhao X., Liu Y., Zhang X., Zhang S. Effects of elicitation on bioactive compounds and biological activities of sprouts. *J. Funct. Lebensmittel.* Jahr 2019; 53:136–145. doi: 10.1016/j.jff.2018.12.019. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
122. Tan L., Chen S., Wang T., Dai S. Proteomic insights into seed germination in response to environmental factors. *Proteomik.* 2013; 13:1850–1870. doi: 10.1002/pmic.201200394. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
123. Świeca M., Baraniak B. Einfluss der Elicitation mit H₂O₂ über den Phenolgehalt, das antioxidative Potenzial und die ernährungsphysiologische Qualität von *Lens culinaris* Sprossen. *J. Sci. Food Agric.* 2014; 94:489–496. doi: 10.1002/jsfa.6274. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
124. Świeca M., Baraniak B. Ernährungsphysiologisches und antioxidatives Potenzial von Linsensprossen, die von der Auslösung mit Temperaturstress betroffen sind. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2014; 62:3306–3313. doi: 10.1021/jf403923x. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
125. Guo L., Yang R., Zhou Y., Gu Z. Hitze- und Hypoxiestress verstärken die Akkumulation von aliphatischen Glucosinolaten und Sulforaphan in Brokkolisprossen. *Eur. Nahrungsmittel Res. Technol.* 2016; 242:107–116. doi: 10.1007/s00217-015-2522-y. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

126. Oh M.M., Rajashekar C.B. Antioxidativer Gehalt von essbaren Sprossen: Auswirkungen von Umweltschocks. *J. Sci. Food Agric.* 2009; 89:2221–2227. doi: 10.1002/jsfa.3711. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
127. Youn Y.S., Park J.K., Jang H.D., Rhee Y.W. Sequentielle Hydratation mit anaerober und Wärmebehandlung erhöht den GABA-Gehalt (γ -Aminobuttersäure) in Weizen. *Lebensmittel Chem.* 2011; 129: 1631–1635. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.06.020. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
128. Li S.J., Bai Y.C., Li C.L., Yao H.P., Chen H., Zhao H.X., Wu Q. Anthocyane sammeln sich in tartarem Buchweizen (*Fagopyrum tataricum*) Sprossen als Reaktion auf Kältestress an. *Acta Physiol. Pflanze.* 2015; 37:159. doi: 10.1007/s11738-015-1913-9. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
129. Nagata T., Todoriki S., Masumizu T., Suda I., Furuta S., Du Z., Kikuchi S. Der Gehalt an Aktivsauerstoffspezies wird bei Arabidopsis durch Ascorbinsäure und Anthocyanin kontrolliert. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2003; 51:2992–2999. doi: 10.1021/jf026179+. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
130. Samuolienė G., Urbonavičiūtė A., Brazaitytė A., Šabajevienė G., Sakalauskaitė J., Duchovskis P. Der Einfluss der LED-Beleuchtung auf die antioxidativen Eigenschaften von gekeimten Samen. *Cent. Eur. J. Kochen.* 2011; 6:68-74. doi: 10.2478/s11535-010-0094-1. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
131. He D., Kozai T., Niu G., Zhang X. *Leuchtdioden*. Springer; Cham, Schweiz: 2019. Leuchtdioden für den Gartenbau; S. 513–547. [[Google Scholar](#)]
132. Urbonavičiūtė A., Samuolienė G., Sakalauskienė S., Brazaitytė A., Jankauskienė J., Duchovskis P., Ruzgas V., Stonkus A., Vitta P., Žukauskas A., et al. Wirkung von blinkendem Bernsteinlicht auf die Ernährungsqualität grüner Sprossen. *Agron. Res.* 2009; 7:761–767. [[Google Scholar](#)]
133. Chen C.C., Huang M.Y., Lin K.H., Wong S.L., Huang W.D., Yang C.M. Effects of light quality on the growth, development and metabolism of rice seedlings (*Oryza sativa* L.) *Res. J. Biotechnol.* 2014; 9:15-24. [[Google Scholar](#)]
134. Meng T., Nakamura E., Irino N., Joshi K.R., Devkota H.P., Yahara S., Kondo R. Effects of Irradiation with Light of Different Photon Densities on the Growth of Young Green Gerley Plants. *Agric. Sci.* 2015; 6:208–216. doi: 10.4236/as.2015.62020. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
135. Tuan P.A., Thwe A.A., Kim Y.B., Kim J.K., Kim S.J., Lee S., Chung S.O., Park S.U. Effects of white, blue, and red light-emitting diodes on carotenoid biosynthetic gene expression levels and carotenoid accumulation in sprouts of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) *J. Agric. Food Chem.* 2013; 61:12356–12361. doi: 10.1021/jf4039937. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
136. Samuolienė G., Sirtautas R., Brazaitytė A., Duchovskis P. "LED-Beleuchtung und Saisonalität wirken auf antioxidative Eigenschaften von Babyblatssalat" *Food Chem.* 2012; 134: 1494–1499. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.03.061. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
137. Koga R., Meng T., Nakamura E., Miura C., Irino N., Devkota H.P., Yahara S., Kondo R. Die Wirkung der Photobestrahlung auf das Wachstum und die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe junger Grüner Gerste (*Hordeum vulgare*) *Agric.* 2013; 4:185-194. [[Google Scholar](#)]
138. Lee S.W., Seo J.M., Lee M.K., Chun J.H., Antonisamy P., Arasu M.V., Suzuki T., Al-Dhabi N.A., Kim S.J. Einfluss verschiedener LED-Lampen auf die Herstellung von phenolischen Verbindungen im Allgemeinen und Tartary Buchweizensprossen. *Ind. Ernte. Stupsen.* 2014; 54:320–326. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.01.024. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
139. Thwe A.A., Kim Y.B., Li X., Seo J.M., Kim S.J., Suzuki T., Chung S.O., Park S.U. Effects of light-emitting diodes on expression of phenylpropanoid biosynthetic genes and accumulation of phenylpropanoids in *Fagopyrum tataricum* sprouts. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2014; 62:4839–4845. doi: 10.1021/jf501335q. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

140. Hossen M.Z. Leuchtdioden erhöhen die Phenole von Buchweizensprossen (*Fagopyrum esculentum*). *J. Pflanzen interagieren*. 2007; 2:71–78. doi: 10.1080/17429140701288228. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
141. Seo J.M., Arasu M.V., Kim Y.B., Park S.U., Kim S.J. Phenylalanin und LED-Leuchten verbessern die Produktion phenolischer Verbindungen in Buchweizensprossen. *Lebensmittel Chem.* 2015; 177:204–213. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.12.094. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
142. Tsurunaga Y., Takahashi T., Katsube T., Kudo A., Kuramitsu O., Ishiwata M., Matsumoto S. Effects of UV-B irradiation on the levels of anthocyanin, rutin and radical scavenging activity of buckwheat sprouts. *Lebensmittel Chem.* 2013; 141:552–556. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.032. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
143. Kim S.J., Kawaharada C., Suzuki T., Saito K., Hashimoto N., Takigawa S., Noda T., Matsuura-Endo C., Yamauchi H. Wirkung natürlicher Lichtperioden auf Den Gehalt an Rutin, freien Aminosäuren und Vitamin C in den Sprossen von gewöhnlichen (*Fagopyrum esculentum* Moench) und Tartary (*F. Tataricum* Gaertn.) Buchweizen. *Lebensmittel Sci. Technol. Res.* 2006; 12:199-205. doi: 10.3136/fstr.12.199. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
144. Sharma P., Ghimeray A.K., Gurung A., Jin C.W., Rho H.S., Cho D.H. Phenolgehalte, Antioxidans und α -Glucosidase hemmende Eigenschaften von nepalesischem Buchweizengemüse. *Afr. J. Biotechnol.* 2012; 11:184-190. [[Google Scholar](#)]
145. Yao L.H., Jiang Y.M., Shi J., Tomas-Barberan F.A., Datta N., Singanusong R. Flavonoide in Lebensmitteln und ihre gesundheitlichen Vorteile. *Pflanzliche Lebensmittel Hum. Nutr.* 2004; 59:113–122. doi: 10.1007/s11130-004-0049-7. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
146. Li X., Thwe A.A., Park N.I., Suzuki T., Kim S.J., Park S.U. Akkumulation von Phenylpropanoiden und korrelierter Genexpression während der Entwicklung von Buchweizensprossen. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2012; 60:5629–5635. doi: 10.1021/jf301449a. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
147. Tosti G., Benincasa P., Cortona C., Falcinelli B., Farneselli M., Guiducci M., Onofri A., Pannacci E., Tei F., Giuliotti M. Wachsender Salat unter multispektralen Leuchtdioden Lampen mit einstellbarer Lichtintensität. *Ital. J. Agron.* 2018; 13:57–62. doi: 10.4081/ija.2017.883. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
148. Lim J.H., Park K.J., Kim B.K., Jeong J.W., Kim H.J. Effect of salinity stress on phenolic compounds and carotenoids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprout. *Lebensmittel Chem.* 2012; 135:1065–1070. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.05.068. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
149. Stagnari F., Galieni A., D'Egidio S., Falcinelli B., Pagnani G., Pace R., Pisante M., Benincasa P. Effects of sprouting and salt stress on polyphenol composition and antiradical activity of einkorn, emmer and durum wheat. *Ital. J. Agron.* 2017;12:848. doi: 10.4081/ija.2017.848. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
150. Falcinelli B., Benincasa P., Calzuola I., Gigliarelli L., Lutts S., Marsili V. Phenolic Content and Antioxidant Activity in Raw and Denatured Aqueous Extracts from Sprouts and Wheatgrass of Einkorn and Emmer Obtained under Salinity. *Molecules.* 2017;22:2132. doi: 10.3390/molecules22122132. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
151. Bai Q., Yang R., Zhang L., Gu Z. Salt Stress Induces Accumulation of γ -Aminobutyric Acid in Germinated Foxtail Millet (*Setaria italica* L.) *Cereal Chem.* 2013;90:145–149. doi: 10.1094/CCHEM-06-12-0071-R. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
152. Zhu Y., Guo Y. Optimierung der Kulturbedingungen für die Akkumulation von γ -Aminobuttersäure(GABA) in gekeimtem Tartarkern buchweizen unter Salzstress durch Response Surface Methodology. *Essen Sci.* 2015; 19:012 Uhr. [[Google Scholar](#)]

153. Guo Y., Chen H., Song Y., Gu Z. Effects of soaking and aeration treatment on γ -aminobutyric acid accumulation in germinated soybean (*Glycine max* L.) *Eur. Food Res. Technol.* 2011; 232:787–795. doi: 10.1007/s00217-011-1444-6. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
154. Guo Y., Yang R., Chen H., Song Y., Gu Z. Akkumulation von γ -Aminobuttersäure in gekeimter Sojabohne (*Glycin max* L.) in Bezug auf Glutamat-Decarboxylase und Diaminoxidase-Aktivität induziert durch Zusatzstoffe unter Hypoxie. *Eur. Nahrungsmittel Res. Technol.* 2012; 234:679–687. doi: 10.1007/s00217-012-1678-y. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
155. Yang R., Guo Q., Gu Z. GABA Shunt und Polyaminabbauweg auf γ -Aminobuttersäureakkumulation in keimenden Favabohnen (*Vicia faba* L.) unter Hypoxie. *Lebensmittel Chem.* 2013; 136:152–159. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.08.008. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
156. Ding J., Yang T., Feng H., Dong M., Slavin M., Xiong S., Zhao S. Enhancing Contents of γ -Aminobutyric Acid (GABA) and Other Micronutrients in Dehulled Rice during Germination under Normoxic and Hypoxic Conditions. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2016; 64:1094–1102. doi: 10.1021/acs.jafc.5b04859. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
157. Aurisano N., Bertani A., Reggiani R. Anaerobe Akkumulation von 4-Aminobutyrat in Reissämlingen; Ursachen und Bedeutung. *Phytochemie.* 1995; 38:1147–1150. doi: 10.1016/0031-9422(94)00774-N. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
158. Qingyun B., Gongjian F., Zhenxin G., Xionghong C., Feirong G. Effects of culture conditions on γ -aminobutyric acid accumulation during germination of foxtail hirset (*Setaria italica* L.) *Eur. Food Res. Technol.* 2008; 228:169–175. [[Google Scholar](#)]
159. Guo Y., Zhu Y., Chen C., Chen X. Effects of Aeration Treatment on γ -Aminobutyric Acid Accumulation in Germinated Tartary Buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) *J. Chem.* 2016; 2016:1–9. doi: 10.1155/2016/4576758. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
160. Świeca M. Die Ausscheidung mit abiotischen Belastungen verbessert die gesundheitsfördernden Bestandteile, das antioxidative Potenzial und die ernährungsphysiologische Qualität von Linsensprossen. *Saudi J. Boil. Sci.* 2015; 22:409–416. doi: 10.1016/j.sjbs.2014.12.007 [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
161. Świeca M. Die Wasserstoffperoxidbehandlung und die Fütterung der Phenylpropanoidweg-Vorläufer verbessern die phenolische und antioxidative Kapazität von Quinoasprossen durch eine Induktion von L-Tyrosin- und L-Phenylalanin-Ammoniak-Lyase-Aktivitäten. *J. Chem.* 2016; 2016:1936516. doi: 10.1155/2016/1936516. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
162. Baenas N., García-Viguera C., Moreno D.A. Elicitation: A tool for enriching the bioactive composition of foods. *Moleküle.* 2014; 19:13541–13563. doi: 10.3390/Moleküle190913541. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
163. D'Amato R., Fontanella M.C., Falcinelli B., Beone G.M., Bravi E., Marconi O., Benincasa P., Businelli D. Selen-Biofortifikation in Reis (*Oryza sativa* L.) Keimbildung: Auswirkungen auf den Se-Ertrag und die Ernährungsmerkmale mit Schwerpunkt auf dem Phenolsäureprofil. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2018; 66:4082–4090. doi: 10.1021/acs.jafc.8b00127. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
164. Pasko P., Gdula-Argasinska J., Podporska-Carroll J., Quilty B., Wietecha-Posluszny R., Tyszkaczochara M., Zagrodzki P. Einfluss der Selenergänzung auf das Fettsäureprofil und die biologische Aktivität von vier essbaren Amaranth-Sprossen als neue Art von funktionellem Lebensmittel. *J. Lebensmittel Sci. Technol.* 2015; 52:4724–4736. doi: 10.1007/s13197-014-1602-5. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

165. Moldovan C., Dumbravă D., Raba D., Popa M., Toța C., Zippenfening S.E. Assessing the level of key antioxidants in wheat seedlings consecutive sodium selenite treatment. *J. Agroaliment. Prozess. Technol.* 2011; 17:58–64. [[Google Scholar](#)]
166. Hsu C.K., Chiang B.H., Chen Y.S., Yang J.H., Liu C.L. Verbesserung der antioxidativen Aktivität von Buchweizen (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) Sprossen mit Spurenelement Wasser. *Lebensmittel Chem.* 2008; 108:633–641. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.11.028. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
167. Wang L., Li X., Niu M., Wang R., Chen Z. Wirkung von Zusatzstoffen auf Flavonoide, d-Chiro-Inositol und Trypsinhemmer während der Keimung von Tartarkernen. *J. Getreide Sci.* 2013; 58:348–354. doi: 10.1016/j.jcs.2013.07.004. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
168. Lu Z.H., Zhang Y., Li L.T., Curtis R.B., Kong X.L., Fulcher R.G., Zhang G., Cao W. Inhibition of microbial growth and enrichment of γ -aminobutyric acid during germination of brown rice by electrolyzed oxidizing water. *J. Lebensmittel Prot.* 2010; 73:483–487. doi: 10.4315/0362-028X-73.3.483. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
169. Mendoza-Sánchez M., Guevara-González R.G., Castaño-Tostado E., Mercado-Silva E.M., Acosta-Gallegos J.A., Rocha-Guzmán N.E., Reynoso-Camacho R. Effect of chemical stress on germination of cv Dalia bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as an alternative to increase antioxidant and nutraceutical compounds in sprouts. *Lebensmittel Chem.* 2016; 212:128–137. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.05.110. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
170. Khan W., Prithiviraj B., Smith D.L. Chitosan und Chitinoligomere erhöhen die Phenylalanin-Ammoniak-Lyase- und Tyrosin-Ammoniak-Lyase-Aktivitäten in Sojabohnenblättern. *J. Pflanze Physiol.* 2003; 160:859–863. doi: 10.1078/0176-1617-00905 [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
171. Lee Y.S., Kim Y.H., Kim S.B. Changes in the respiration, growth, and vitamin C content of soybean sprouts in response to chitosan of different molecular weights. *HortScience.* 2005;40:1333–1335. doi: 10.21273/HORTSCI.40.5.1333. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
172. Yang R., Jiang Y., Xiu L., Huang J. Effect of chitosan pre-soaking on the growth and quality of yellow soybean sprouts. *J. Sci. Food Agric.* 2018 doi: 10.1002/jsfa.9338. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
173. Peñas E., Limón R.I., Martínez-Villaluenga C., Restani P., Pihlanto A., Frias J. Impact of elicitation on antioxidant and potential antihypertensive properties of lentil sprouts. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2015;70:401–407. doi: 10.1007/s11130-015-0508-3. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
174. Barrientos Carvacho H., Pérez C., Zúñiga G., Mahn A. Effect of methyl jasmonate, sodium selenate and chitosan as exogenous elicitors on the phenolic compounds profile of broccoli sprouts. *J. Sci. Food Agric.* 2014;94:2555–2561. doi: 10.1002/jsfa.6596. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
175. Viacava G.E., Roura S.I. Principal component and hierarchical cluster analysis to select natural elicitors for enhancing phytochemical content and antioxidant activity of lettuce sprouts. *Sci. Hortic.* 2015;193:13–21. doi: 10.1016/j.scienta.2015.06.041. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
176. Zhao G., Zhao J., Peng L., Zou L., Wang J., Zhong L., Xiang D. Effects of yeast polysaccharide on growth and flavonoid accumulation in *Fagopyrum tataricum* sprout cultures. *Molecules.* 2012;17:11335–11345. doi: 10.3390/molecules171011335. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
177. Zhao J.L., Zou L., Zhong L.Y., Peng L.X., Ying P.L., Tan M.L., Zhao G. Effects of polysaccharide elicitors from endophytic *Bionectria pityrodes* Fat6 on the growth and flavonoid production in tartary buckwheat sprout cultures. *Cereal Res. Commun.* 2015;43:661–671. doi: 10.1556/0806.43.2015.013. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

178. Gawlik-Dziki U., Świeca M., Dziki D., Sugier D. Improvement of nutraceutical value of broccoli sprouts by natural elicitors. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*. 2013;12:129–140. [[Google Scholar](#)]
179. Natella F., Maldini M., Nardini M., Azzini E., Foddai M.S., Giusti A.M., Baima S., Morelli G., Scaccini C. Verbesserung der nutrazeutischen Qualität von Brokkolisprossen durch Ausscheidung. *Lebensmittel Chem.* 2016; 201: 101–109. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.063. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
180. Baenas N., García-Viguera C., Moreno D.A. Biotische Elicitors erhöhen effektiv den Gehalt an Glucosinolaten in Brassicaceae-Sprossen. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2014; 62:1881–1889. doi: 10.1021/jf404876z. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
181. Baenas N., Ferreres F., García-Viguera C., Moreno D.A. Rettichsprossen-Charakterisierung und Elicitation neuartiger Sorten, die reich an Anthocyanen sind. *Lebensmittel Res. Int.* 2015; 69:305-312. doi: 10.1016/j.foodres.2015.01.009. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
182. Ferruzza S., Natella F., Ranaldi G., Murgia C., Rossi C., Trošt K., Mattivi F., Nardini M., Maldini M., Giusti A.M., et al. Nutrazeutische Verbesserung erhöht die schützende Aktivität von Brokkolisprossensaft in einem menschlichen Darmzellmodell der Darmentzündung. *Pharmaka*. 2016; 9:48. doi: 10.3390/ph9030048. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
183. Jeong H., Sung J., Yang J., Kim Y., Jeong H.S., Lee J. Wirkung von Saccharose auf die funktionelle Zusammensetzung und antioxidative Kapazität von Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* M.) Sprossen. *J. Funct. Lebensmittel*. Juni 2018; 43:70–76. doi: 10.1016/j.jff.2018.01.019 [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
184. Meng T., Miura C., Irino N., Kondo R. Bewertung der Produktion junger grüner Gerstenpflanzen mit funktionellen Inhaltsstoffen. *Am. J. Plant Sci.* 2015; 6:323–333. doi: 10.4236/ajps.2015.62037. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
185. Siripongvutikorn S., Rattanapon R., Usawakesmanee W., Thongraung C. Verbesserung des Nährwerts und der Bioaktivität von Reisgras im Zusammenhang mit der durch Fischproteinhydrolysat induzierten Grundierung. *Funktion. Lebensmittel Gesundheit Dis.* 2016; 6:219-233. doi: 10.31989/ffhd.v6i4.241. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
186. Baenas N., Villaño D., García-Viguera C., Moreno D.A. Optimierung der Ausscheidung und Samengrundierung zur Anreicherung von Brokkoli- und Rettichsprossen in Glucosinolaten. *Lebensmittel Chem.* 2016; 204:314–319. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.02.144. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
187. Pérez-Balibrea S., Moreno D.A., García-Viguera C. Verbesserung der phytochemischen Zusammensetzung von Brokkolisprossen durch Ausscheidung. *Lebensmittel Chem.* 2011; 129:35–44. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.049. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
188. Yang H.J., Lim J.H., Park K.J., Kang S., Kim D.S., Park S. Mit Methyljasmonat behandeltes Buchweizensprossenpulver verbessert den Glukosestoffwechsel durch Potenzierung der hepatischen Insulinsignalisierung bei Östrogen-defizienten Ratten. *Ernährung*. 2016; 32:129–137. doi: 10.1016/j.nut.2015.07.012. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
189. Kim H.J., Park K.J., Lim J.H. Metabolomische Analyse phenolischer Verbindungen in Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* M.) Sprossen, die mit Methyljasmonat behandelt wurden. *J. Agric. Lebensmittel Chem.* 2011; 59:5707–5713. doi: 10.1021/jf200396k. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
190. Leong S.Y., Burritt D.J., Oey I. Die Elektroanierung von Weizengrassamen unter Verwendung gepulster elektrischer Felder verbessert den antioxidativen Stoffwechsel und die bioprotektive Kapazität von Weizengrassprossen. *Sci. Rep.* 2016; 6:25306. doi: 10.1038/srep25306. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

191. Wei Y., Shohag M.J.I., Ying F., Yang X., Wu C., Wang Y. Effect of ferrous sulfate fortification in gekeimtem braunem Reis on seed iron concentration and bioavailability. *Lebensmittel Chem.* 2013; 138:1952–1958. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.134. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
192. Prom-u-thai C., Fukai S., Godwin I.D., Rerkasem B., Huang L. Mit Eisen angereicherter Parboiled-Reis: Eine neuartige Lösung für eine hohe Eisendichte in reisbasierten Diäten. *Lebensmittel Chem.* 2008; 110: 390–398. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.02.043. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
193. Park S.A., Grusak M.A., Oh M.M. Konzentrationen von Mineralien und phenolischen Verbindungen in drei essbaren Sprossenarten, die während der Einnahme mit Eisenchelaten behandelt wurden. *Schrecklich. Umgeben. Biotechnol.* Jahrgang 2014; 55:471–478. doi: 10.1007/s13580-014-0075-9. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
194. Zhu H. Akkumulation und Verteilung von Selen in verschiedenen Teilen und Makromolekül von Se-angereichertem Buchweizen (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) während der Keimung. *Lebensmittel Res. J.* 2014; 21:991–997. [[Google Scholar](#)]
195. Liu K., Chen F., Zhao Y., Gu Z., Yang H. Selenakkumulation in Proteinfractionen während der Keimung von Se-angereichertem braunem Reis und Molekulargewichtsverteilung von Se-haltigen Proteinen. *Lebensmittel Chem.* 2011; 127:1526–1531. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.02.010. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
196. Lazo-Vélez M.A., Avilés-González J., Serna-Saldivar S.O., Temblador-Pérez M.C. Optimierung der Weizenkeimung zur Herstellung selenangereicherter Kerne unter Verwendung der Response-Oberflächenmethodik und der Erwünschtheitsfunktion. *LWT-Food Sci. Technol.* 2016; 65:1080–1086. doi: 10.1016/j.lwt.2015.08.056. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
197. Wei Y., Shohag M.J.I., Yang X. Biofortifikation und Bioverfügbarkeit von Reiskornzink, beeinflusst durch verschiedene Formen der Blattzinkdüngung. *PLoS ONE.* 2012; 7: e45428. doi: 10.1371/journal.pone.0045428. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
198. Messias R.D.S., Galli V., Silva S.D.D.A.E., Schirmer M.A., Rombaldi C.V. Mikronährstoff- und funktionelle Verbindungen Biofortifikation von Maiskörnern. *Crit. Rev. Essen Sci. Nutr.* 2015; 55:123–139. doi: 10.1080/10408398.2011.649314. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
199. Jiang Y., Zeng Z.H., Bu Y., Ren C.Z., Li J.Z., Han J.J., Tao C., Zhang K., Wang X.X., Lu G.X., et al. Effects of selenium fertilizer on grain yield, Se uptake and distribution in common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) *Plant Soil Environ.* 2015;61:371–377. doi: 10.17221/284/2015-PSE. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
200. Berba K.J., Uchanski M.E. Post-harvest physiology of microgreens. *J. Young Investig.* 2012;24:1–5. [[Google Scholar](#)]
201. Riggio G., Wang Q., Kniel K., Gibson K. Microgreens-A review of food safety considerations along the farm to fork continuum. *Int. J. Food Microbiol.* 2019;290:76–85. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.027. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
202. Yang Y., Meier F., Ann Lo J., Yuan W., Lee Pei Sze V., Chung H.J., Yuk H.G. Overview of recent events in the microbiological safety of sprouts and new intervention technologies. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2013;12:265–280. doi: 10.1111/1541-4337.12010. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
203. Ding H., Fu T.J., Smith M.A. Microbial contamination in sprouts: How effective is seed disinfection treatment? *J. Essen Sci.* 2013; 78: R495–R501. doi: 10.1111/1750-3841.12064. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
204. Dikici A., Koluman A., Calicioglu M. Comparison of effects of mild heat combined with lactic acid on Shiga toxin producing *Escherichia coli* O157: H7, O103, O111, O145 and O26 inoculated to spinat and soybean sprout. *Lebensmittelkontrolle.* 2015; 50: 184–189. doi:

10.1016/j.foodcont.2014.08.038. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

205. Praeger U., Herppich W.B., Hassenberg K. Wässrige Chlordioxidbehandlung von Gartenbauerzeugnissen: Auswirkungen auf die mikrobielle Sicherheit und die Qualität der Erzeugnisse – Eine Überprüfung. *Crit. Rev. Essen Sci. Nutr.* 2018; 58:318–333. doi:

10.1080/10408398.2016.1169157. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

206. Prodduk V., Annous B.A., Liu L., Yam K.L. Evaluation of chlorine dioxide gas treatment to inactivate *Salmonella enterica* on mungbean sprouts. *J. Lebensmittel Prot.* 2014; 77:1876–1881. doi:

10.4315/0362-028X.JFP-13-407. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

207. Chun H.H., Song K.B. Optimierung der kombinierten Behandlungen von wässrigem Chlordioxid, Fumarsäure und Ultraviolett-C zur Verbesserung der mikrobiellen Qualität und Zur Erhaltung der sensorischen Qualität von gewöhnlichen Buchweizensprossen. *J. Food Sci. Technol.* 2014; 49:121–127. doi: 10.1111/ijfs.12283. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

208. Chun H.H., Lied K.B. Die kombinierten Wirkungen von wässrigem Chlordioxid, Fumarsäure und Ultraviolett-C mit mit CO angereicherten Verpackungen unter schutzloser Atmosphäre₂ zur Inaktivierung bereits vorhandener Mikroorganismen und *Escherichia coli* O157:H7 und *Salmonella typhimurium*, die auf Buchweizensprossen geimpft wurden. *Nacherte Biol. Technol.* 2013; 86:118–124. [[Google Scholar](#)]

209. Buchovec I., Luksiene Z. Neuartiger Ansatz zur Kontrolle der mikrobiellen Kontamination von gekeimten Weizensprossen: Photoaktivierter Chlorophyllin-Chitosan-Komplex. *J. Lebensmittelprozess. Technol.* 2015; 1:1–5. [[Google Scholar](#)]

210. Kwon J.H., Kim G.R., Ahn J.J., Akram K., Bae H.M., Kim C.H., Kim Y., Han B.S. Changes in Physicochemical, Nutritional and Hygienic Properties of Chinese Cabbage Seeds and Their Sprouts on Gamma and Electron Beam Irradiation. *J. Essen Qual.* 2013; 36:316–323. doi: 10.1111/jfq.12044.

[[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

211. Nagar V., Hajare S.N., Saroj S.D., Bandekar J.R. Radiation processing of minimally processed sprouts (tau gram and chick pea): Effect on sensory, nutritional and microbiological quality. *J. Food Sci. Technol.* 2012; 47:620–626. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02885.x [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

212. Nagar V., Pansare Godambe L., Shashidhar R. Entwicklung mikrobiologisch unbedenklicher Mungobohnensprossen mittels Kombinationsbehandlung von Natriumhypochlorit und Gammastrahlung. *J. Food Sci. Technol.* 2016; 51:595–601. doi: 10.1111/ijfs.13020. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

213. Raimondi G., Roupheal Y., Kyriacou M.C., Di Stasio E., Barbieri G., De Pascale S. Genotypische, Lager- und Verarbeitungseffekte auf kompositorische und bioaktive Bestandteile frischer Sprossen. *LWT-Food Sci. Technol.* 2017; 85:394–399. doi: 10.1016/j.lwt.2017.01.005. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

214. Vale A.P., Santos J., Brito N.V., Marinho C., Amorim V., Rosa E., Oliveira M.B.P. Wirkung der Kühlung auf die bioaktiven Verbindungen und die mikrobielle Qualität der *Brassica oleracea*-Sprossen. *Nacherte Biol. Technol.* 2015; 109:120-129. doi: 10.1016/j.postharvbio.2015.06.013. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

215. Kim J., Luo Y., Gross K. Wirkung der Verpackungsfolie auf die Qualität von frisch geschnittenem Salatswening. *Nacherte Biol. Technol.* 2004; 32:99–107. doi: 10.1016/j.postharvbio.2003.10.006. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

216. Sandhya A. Verpackung von Frischprodukten unter Modifizierter Atmosphäre: Aktueller Status und zukünftiger Bedarf. *LWT-Food Sci. Technol.* 2010; 43:381–392. doi: 10.1016/j.lwt.2009.05.018. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

217. Xiao Z., Luo Y., Lester G.E., Kou L., Yang T., Wang Q. Qualität und Haltbarkeit von Rettich-Mikrogrün nach der Ernte, beeinflusst durch Lagertemperatur, Verpackungsfolie und Chlorwaschbehandlung. *LWT-Food Sci. Technol.* 2014; 55:551–558. doi: 10.1016/j.lwt.2013.09.009. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
218. Kou L., Luo Y., Yang T., Xiao Z., Turner E.R., Lester G.E., Wang Q., Camp M.J. Postharvest biology, quality and shelf life of buckwheat microgreens. *LWT-Food Sci. Technol.* 2013; 51:73–78. doi: 10.1016/j.lwt.2012.11.017. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
219. DeEll J.R., Vigneault C., Favre F., Rennie T.J., Khanizadeh S. Vakuumkühlung und Lagertemperatur beeinflussen die Qualität der gelagerten Mungobohnensprossen. *HortScience.* 2000; 35:891–893. doi: 10.21273/HORTSCI.35.5.891. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
220. Goyal A., Siddiqui S. Auswirkungen von ultravioletter Bestrahlung, gepulstem elektrischem Feld, Heißwassertauchen und Ethanoldampfbehandlung auf die Haltbarkeit und sensorische Qualität von Mungobohnen (*Vigna radiata* L. Wilczek) Sprossen. *J. Lebensmittel Sci. Technol.* 2014; 51:2664–2670. doi: 10.1007/s13197-012-0743-7. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
221. Lu Y., Dong W., Alcazar J., Yang T., Luo Y., Wang Q., Chen P. Wirkung der Vorernte CaCl₂ Sprüh- und Nachernte-UV-B-Strahlung auf die Lagerqualität von Brokkoli-Mikrogrünstoffen, einer reichhaltigeren Quelle von Glucosinolaten. *J. Lebensmittel-Compos. Anal.* 2018; 67:55–62. doi: 10.1016/j.jfca.2017.12.035. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
222. Xiao Z., Lester G.E., Luo Y., Xie Z.K., Yu L.L., Wang Q. Effect of light exposure on sensorial quality, concentration of bioactive compounds and antioxidant capacity of radish microgreens during low temperature storage. *Lebensmittel Chem.* 2014; 151:472-479. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.11.086. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
223. Singh P. Bewertung der antioxidativen Eigenschaften von Weizenraspulp, die durch verschiedene Trocknungsprozesse beeinflusst werden. *J. Pharm. Sci. Res.* 2016; 7:852–855. [[Google Scholar](#)]
224. Pardeshi I.L., Burbade R.G., Khod R.N. Kostengünstige Trocknung für hochwertiges zartes Weizenraspulp. *J. Lebensmittel Res. Technol.* 2013; 1:1–10. [[Google Scholar](#)]
225. Akbas E., Kilercioglu M., Onder O.N., Koker A., Soyler B., Oztop M.H. Weizenraspulp zu Weizenraspulp: Verkapselung, physikalische und chemische Charakterisierung. *J. Funct. Lebensmittel.* März 2017; 28:19–27. doi: 10.1016/j.jff.2016.11.010. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
226. Shokoohi M., Razavi S.H., Labbafi M., Vahidinia A., Gharibzadeh S.T. Weizensprossenmehl als attraktives Substrat für die Herstellung probiotischer fermentierter Getränke: Prozessentwicklung und Produktcharakterisierung. *Qual. Assur. Saf. Ernten Lebensmittel.* Jahrgang 2014; 7:469-475. doi: 10.3920/QAS2014.0402. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
227. Hallén E., İbanoğlu Ş., Ainsworth P. Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *J. Lebensmittel Eng.* 2004; 63:177-184. doi: 10.1016/S0260-8774(03)00298-X. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
228. Shafqat S. *Dissertation.* Universität von Guelph; Guelph, ON, Kanada: 2013. Wirkung unterschiedlicher Keimbedingungen auf die Alpha-Amylase-Aktivität, die funktionellen Eigenschaften von Weizenmehl und auf die Haltbarkeit von Brot, das mit gekeimtem Weizen ergänzt wird. [[Google Scholar](#)]
229. Cho J.S., Kim H. Qualitätsmerkmale von Muffins durch Zusatz von getrocknetem Gerstensprossenpulver. *Koreanisches J. Essen. Kochen. Sci.* 2014; 30:1–10. doi: 10.9724/kfcs.2014.30.1.001. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

230. Sirisoontarak P., Nakornpanom N.N., Koakietdumrongkul K., Panumaswiwath C. Entwicklung von schnell kochendem gekeimtem braunem Reis mit bequemer Zubereitung und gesundheitlichen Vorteilen. *LWT-Food Sci. Technol.* 2015; 61:138–144. doi: 10.1016/j.lwt.2014.11.015. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
231. Jongyingcharoen J.S., Cheevitsopon E. Entwicklung von UV-behandeltem gekochtem gekeimtem braunem Reis und Wirkung der UV-C-Behandlung auf seine Lagerfähigkeit, seinen GABA-Gehalt und seine Qualität. *LWT-Food Sci. Technol.* 2016; 71:243–248. doi: 10.1016/j.lwt.2016.03.044. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
232. Liu T., Hou G.G., Cardin M., Marquart L., Dubat A. Qualitätsmerkmale von Vollkornmehltortillas mit gekeimter Vollkornmehlsubstitution. *LWT-Food Sci. Technol.* 2017; 77:1–7. doi: 10.1016/j.lwt.2016.11.017. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
233. Zhu L., Adedeji A.A., Alavi S. Effect of Germination and Extrusion on Physicochemical Properties and Nutritional Qualities of Extrudates and Tortilla from Wheat. *J. Essen Sci.* 2017; 82:1867–1875. doi: 10.1111/1750-3841.13797. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
234. Márton M., Mándoki Z., Csapo-Kiss Z., Csapo J. Die Rolle von Sprossen in der menschlichen Ernährung: Ein Rückblick. *Acta Univ. Sapientiae.* 2010; 3:81–117. [[Google Scholar](#)]
235. Fardet A., Rock E., Rémésy C. Spiegelt sich das antioxidative In-vitro-Potenzial von Vollkorngetreide und Getreideprodukten in vivo gut wider? *J. Getreide Sci.* 2008; 48:258–276. doi: 10.1016/j.jcs.2008.01.002 [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
236. Imam M.U., Azmi N.H., Bhangar M.I., Ismail N., Ismail M. Antidiabetische Eigenschaften von gekeimtem braunem Reis: Eine systematische Überprüfung. *Evid. Basierende Ergänzung. Altern. Medizinisch.* 2012; 2012:816501. doi: 10.1155/2012/816501. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
237. Jacobs D.R., Tapsell L.C. Nahrung, nicht Nährstoffe, ist die grundlegende Einheit in der Ernährung. *Nutr. Rev.* 2007; 65:439–450. doi: 10.1111/j.1753-4887.2007.tb00269.x [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
238. Imam M.U., Ishaka A., Ooi D.J., Zamri N.D.M., Sarega N., Ismail M., Esa N.M. Gekeimter brauner Reis reguliert den Lebercholesterinstoffwechsel und das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei hypercholesterinämischen Ratten. *J. Funct. Lebensmittel.* Jahrgang 2014; 8:193-203. doi: 10.1016/j.jff.2014.03.013. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
239. Adamu H.A., Imam M.U., Ooi D.J., Esa N.M., Rosli R., Ismail M. Perinatale Exposition gegenüber gekeimtem braunem Reis und seinem Gamma-Amino-Buttersäure-reichen Extrakt verhindert eine fettreiche ernährungsbedingte Insulinresistenz bei Rattennachkommen der ersten Generation. *Lebensmittelnuss. Res.* 2016; 60:30209. doi: 10.3402/fnr.v60.30209. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
240. Lim S.M., Goh Y.M., Mohtarrudin N., Loh S.P. Gekeimter brauner Reis lindert Fettleibigkeit bei fettreichen diätinduzierten fettleibigen Ratten. *BMC-Ergänzung. Altern. Medizinisch.* 2016; 16:140. doi: 10.1186/s12906-016-1116-y. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
241. Shen K.P., Hao C.L., Yen H.W., Chen C.Y., Wu B.N., Lin H.L. Vorkeimender brauner Reis verhindert fettreiche Diät induzierte Hyperglykämie durch erhöhte Insulinsekretion und Glukosestoffwechselweg bei C57BL/6J-Stammmäusen. *J. Clin. Biochemie. Nutr.* März 2015; 56:28–34. doi: 10.3164/jcbtn.14-50. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
242. Azmi N.H., Ismail M., Ismail N., Imam M.U., Alitheen N.B.M., Abdullah M.A. Gekeimter brauner Reis verändert die A β (1-42)-Aggregation und moduliert Alzheimer-bezogene Gene in differenzierten menschlichen SH-SY5Y-Zellen. *Evid. Basierende Ergänzung. Altern. Medizinisch.* 2015; 2015:1–12. doi: 10.1155/2015/153684. [[PMC kostenloser Artikel](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

243. Merendino N., Molinari R., Costantini L., Mazzucato A., Pucci A., Bonafaccia F., Esti M., Ceccantoni B., Papeschi C., Bonafaccia G. Eine neue "funktionelle" Pasta, die tarnte Buchweizensprossen als Zutat enthält, verbessert den oxidativen Status und normalisiert einige Blutdruckparameter bei spontan hypertensiven Ratten. *Essen Funct.* 2014; 5:1017-1026. doi: 10.1039/C3FO60683J. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Artikel von Nutrients werden hier mit freundlicher Genehmigung des **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)** zur Verfügung gestellt
