



Experteninterview

Thema:

Chancen und Herausforderungen neuer Fermentationstechnologien



Dr. Erika Georget
Foto: ERIDIA GmbH

Dr. Erika Georget ist Geschäftsführerin bei der ERIDIA GmbH und berät Unternehmen bei der Gestaltung ihrer biotechnologischen Prozesse. Zuvor begann Sie, nach ihrer Promotion im Bereich Food Science & Technology, ein Trainee Programm bei der Bühler AG und wurde später zur Leiterin des Bereichs Lebensmittel-Bioprocessing.

Das Interview wurde auf Englisch geführt und anschließend übersetzt. Die ursprünglich englische Fassung finden Sie am Ende.

The interview was conducted in English and subsequently translated. The original English version can be found at the end.

Bioprozesse wie die Fermentation sind in der Lebensmittelproduktion und in unseren Küchen weit verbreitet. Ähnliche Verfahren oder Variationen davon, z. B. die Präzisionsfermentation, sind heute ein häufig diskutiertes Thema in der Lebensmittelwissenschaft. Was ist der Unterschied zwischen diesen Verfahren und welche Möglichkeiten bieten sie?

Die traditionelle Fermentation, bei der Mikroorganismen wie Hefen oder Bakterien eingesetzt werden, hat eine lange Tradition in der Herstellung von Grundnahrungsmitteln wie Bier, Sauerteig für Brot und Joghurt. In jüngster Zeit sind zwei weitere Typen der Fermentation in den Blickpunkt gerückt: die sogenannte "Biomasse"- und die "Präzisions"-Fermentation.

Bei der Biomassefermentation werden Mikroorganismen wie Hefen oder Bakterien eingesetzt, um effizient große Mengen an Zellbiomasse zu produzieren. Diese Zellbiomasse hat als potenzielle Quelle für nachhaltiges Protein und Öl an Attraktivität gewonnen. Das Konzept ist zwar nicht neu, aber Start-ups und Unternehmen weiten die Nutzung einzelliger Organismen für das Upcycling von Nebenströmen in protein- oder ölreiche Biomasse für die tierische und menschliche Ernährung rasch aus. Insbesondere die Gasfermentation hat das Potenzial, CO₂ in Biomasse zu fixieren, wenn sie mit grünen Wasserstoffquellen kombiniert wird. Dies ermöglicht neue Carbon Capture and Utilization (CCU) Konzepte für den Bereich Lebens- und Futtermittel.

Bei der Präzisionsfermentation werden gentechnisch veränderte Mikroorganismen eingesetzt, wobei der Schwerpunkt in der Regel auf der Erzeugung spezifischer Verbindungen in den Mikroorganismen liegt. Dieser Ansatz hat sich in der Lebensmittelindustrie erheblich weiterentwickelt, mit Anwendungen wie gentechnisch veränderten Hefen, die bereits in den 1990er Jahren Enzyme wie Chymosin für die Käseherstellung produzierten, aber auch in jüngerer Zeit für die Produktion von Ei- oder Milcheiweiß. Bei entsprechender Skalierung bietet die Präzisionsfermentation das Potenzial für einen nachhaltigeren und

kontrollierteren Ansatz für die Herstellung einer Vielzahl von Zutaten in der Lebens- und Futtermittelindustrie. Darüber hinaus rückt sie auch immer mehr ins Rampenlicht, wenn es um die wirtschaftliche Herstellung von „Fetal bovine Serum“-freien Nährmedien geht, die für die Herstellung von kultiviertem Fleisch genutzt werden.

Sowohl die Biomasse- als auch die Präzisionsfermentation haben das Potenzial, die ernährungsphysiologischen, sensorischen und ökologischen Eigenschaften von veganen Alternativen zu verbessern. Diese Verfahren ermöglichen ein Upcycling von Nebenströmen in funktionelle Inhaltsstoffe wie Myoglobin, um Geschmack und Aroma von echtem Fleisch oder Kraftfutterinhaltsstoffe wie Proteine für die Tierernährung zu liefern und gleichzeitig die Umweltbelastung zu verringern. Dies macht die Fermentation zu einem leistungsfähigen Instrument, um die Nachhaltigkeit der Lebensmittelwertschöpfungskette zu verbessern, die Umweltbelastung zu verringern und Produktionssysteme zu schaffen, die weniger vom Klimawandel abhängig sind. Zwar sind die Kosten für solche Lösungen noch hoch und der derzeitige Produktionsumfang ist für neuartige Anwendungen noch gering, doch der Anstieg der Rohstoffpreise (z. B. für Fischmehl), die Sorge um die Nachhaltigkeit und die Marktnachfrage nach schmackhafteren Fleisch- und Milchalternativen schaffen allmählich Raum für solche Produkte.

Diese neuen Technologien versprechen oft eine nachhaltigere Herstellung bestimmter Inhaltsstoffe. Sind diese Erwartungen gerechtfertigt?

Die Erwartungen an die Präzisions- und Biomassefermentation für die nachhaltige Herstellung von Zutaten sind im Allgemeinen gerechtfertigt. Bei richtiger Skalierung können diese Methoden eine effizientere Ressourcennutzung, geringere Umweltauswirkungen und eine bessere Kontrolle über den Produktionsprozess bieten und so zu den Nachhaltigkeitszielen der Lebens- und Futtermittelindustrie beitragen. Wie in der chemischen Industrie gezeigt wurde, könnte die Nutzung der Biotechnologie in der Lebens- und Futtermittelindustrie, wenn sie gut konzipiert und gesteuert wird, das Potenzial haben, weniger umweltschädliche Nebenprodukte und weniger Abfall als herkömmliche Produktionssysteme zu erzeugen.

Neben dem potenziellen Nutzen für die Umwelt ist auch ein gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Nutzen zu erwarten. Die Industrialisierung biologischer Prozesse hat in anderen Industriezweigen, wie der chemischen und pharmazeutischen Industrie, zu einem Wirtschaftswachstum geführt, das mit dem Entstehen neuer Fähigkeiten und Arbeitsplätze einhergeht.

Mit Blick auf die Zukunft sollte ein nachhaltiges Lebensmittelsystem auch widerstandsfähig sein. Fragen der Ernährungssicherheit im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung sind ein wichtiges Thema, das zunehmend an Bedeutung gewinnt. Die künftige Möglichkeit, die Lebensmittelproduktion teilweise vom Klimawandel und der konventionellen landwirtschaftlichen Produktion abzukoppeln, könnte unser Lebensmittelsystem unabhängiger von extremen Wetterereignissen machen und eine verlässliche, lokal begrenzte Nahrungsmittelversorgung ermöglichen.

Damit all diese potenziellen Vorteile zum Tragen kommen, ist es jedoch sehr wichtig jeden Fall einzeln zu prüfen und objektiv zu bewerten, unter welchen Bedingungen diese Nachhaltigkeitsvorteile im großen Maßstab zum Tragen kommen. Um das Potential der Fermentation für eine nachhaltige Lebensmittelproduktion zu erschließen, gibt es einige zentrale Herausforderungen, die angegangen werden müssen. Diese inkludieren unter anderem die vollständige Nutzung der Biomasse bei der Präzisionsfermentation, die Herkunft der für die Produktion verwendeten Energie, das Wasserrecycling und die gesellschaftliche Akzeptanz.

Welche Herausforderungen oder Probleme, abgesehen von regulatorischen Fragen, könnten unsere Nutzung dieser neuen Technologien einschränken?

Wie bereits erwähnt, könnten mehrere Herausforderungen einer breiteren Anwendung der Präzisions- und Biomassefermentation in der Lebensmittelindustrie im Wege stehen.

Hohe Produktionskosten sind für die meisten der derzeit in der Entwicklung befindlichen Anwendungen nach wie vor hinderlich, was die Einführung in großem Maßstab einschränkt. Die Skalierung von der Labor- auf die industrielle Ebene ist schwierig und erfordert eine erhebliche Prozessoptimierung, um die Betriebskosten (OPEX) auf ein akzeptables Niveau zu bringen. Die Komplexität der Versorgungskette, insbesondere in globalen Vertriebsnetzen, stellt eine Herausforderung für die Qualitätskontrolle, Rückverfolgbarkeit und Logistik dar. Die Anforderungen an die Infrastruktur für die großtechnische Fermentation erfordern Aufrüstungen und neue Kapazitäten, um die Nachfrage der Lebens- und Futtermittelindustrie zu befriedigen. Dadurch wird die Umsetzung zusätzlich erschwert.

Das Verständnis und die Beherrschung der Umweltauswirkungen von Biomasse- oder Präzisionsfermentation im großen Maßstab, wie z. B. Energiemix und -verbrauch, Recycling und die Verwertung von Nebenströmen, müssen trotz der allgemeinen Umweltvorteile, sorgfältig geprüft werden.

Die Akzeptanz der Verbraucher für Produkte aus diesen Verfahren ist angesichts der Bedenken hinsichtlich ihres "unnatürlichen" oder "gentechnisch veränderten" Charakters nach wie vor eine Hürde, insbesondere bei der Präzisionsfermentation, die auf GVO zur Herstellung der Zielkomponenten angewiesen ist. Dieses Thema wirft die allgemeine Frage nach der Akzeptanz der Biotechnologie in der Ernährung auf und hat inzwischen auch die politische Arena in einigen Ländern erreicht. In manchen Ländern wird ein Verbot von kultiviertem Fleisch erwogen, andere Länder hingegen scheinen das Potenzial der Biotechnologie in Lebensmitteln zu begrüßen. Zum Beispiel Südkorea, welches das Lebensmittelhygienegesetz geändert hat, um kultivierte Lebensmittel als Zutat innerhalb des gesetzlichen Rahmens anzuerkennen, und das in jüngsten Umfragen gezeigt hat, dass 90 % der Verbraucher kultiviertes Fleisch probieren würden. Die Fermentation scheint weniger umstritten zu sein als kultiviertes Fleisch, da sie auf ein langes Erbe der traditionellen Fermentation aufbaut. Trotzdem wäre es naiv, das Risiko der Ablehnung durch die Verbraucher zu ignorieren. Aufklärungsarbeit ist unerlässlich, um das Bewusstsein und das Verständnis bei Verbrauchern, Erzeugern und Aufsichtsbehörden zu fördern. Die Bewältigung dieser Herausforderungen erfordert groß angelegte gemeinsame Anstrengungen von Interessenvertretern der Industrie, politischen Entscheidungsträgern und Forschern, um die nachhaltige und breite Integration neuartiger Zutaten aus der Präzisionsfermentation und der Biomassefermentation in den Lebens- und Futtermittelsektor zu gewährleisten.

Einige traditionelle Viehzüchter sind besorgt, dass sie ersetzt werden könnten. Könnte die Viehzucht tatsächlich ihre Berechtigung verlieren? Gibt es Möglichkeiten, die Fähigkeiten der Landwirte in diese neuen Technologien zu integrieren?

Das ist eine berechtigte Frage, aber ich glaube, man unterschätzt den Zeitfaktor, um die Präzisions- oder Biomassefermentation auf ein Niveau zu bringen, das mit den Zutaten aus der konventionellen Landwirtschaft konkurrieren kann. Ein vollständiger Ersatz ist unwahrscheinlich, und die Viehzucht kann ihre Existenz noch über Jahre hinweg rechtfertigen. Die Einbeziehung der Fähigkeiten der Landwirte in diese neuen Technologien wird ein wesentlicher Bestandteil eines erfolgreichen Übergangs sein, zum Beispiel als Zulieferer von Rohstoffen.

Die Viehzucht liefert eine Reihe von Produkten, die über Fleisch hinausgehen, wie Milch, Wolle und Leder. Die Präzisions- und Biomassevergärung konzentriert sich hauptsächlich auf bestimmte Komponenten und deckt möglicherweise nicht die gesamte traditionelle Viehhaltung ab. Auf der Verbraucherseite, insbesondere in bestimmten Kulturen, werden konventionell erzeugte Fleisch- und Tierprodukte möglicherweise weiterhin bevorzugt, so dass die Nachfrage nach traditioneller Viehhaltung bestehen bleibt.

Darüber hinaus ist die Viehzucht in ländlichen Gebieten eng mit dem Lebensunterhalt der Bevölkerung verflochten. Sie vollständig zu ersetzen, vorausgesetzt dies wäre möglich, könnte extreme sozioökonomische Folgen haben.

Es gibt Möglichkeiten, diesen Übergang voranzutreiben, aber auch hier ist ein gemeinsames Denken und Handeln erforderlich. Regierungen und Industrie sollten Programme in Erwägung ziehen, die den traditionellen Landwirten bei der schrittweisen Umstellung helfen, indem sie Schulungen anbieten (entweder im Zielsektor für Biotechnologie oder indem sie ihnen helfen, sich in anderen Sektoren neu zu orientieren) und Finanzmittel bereitstellen. Nach und nach könnten die Landwirte Mehrwert aus diesen neuen Technologien ziehen, indem sie Fermentationsprozesse in ihren Betrieben integrieren, zum Beispiel durch die Zusammenarbeit mit industriellen Akteuren. Dies könnte die Herstellung von Futtermittelzusatzstoffen oder Proteinquellen sowie die Nutzung der Fermentation für die Abfallbewirtschaftung in den Betrieben umfassen. Eine nachhaltigere Gestaltung der traditionellen Landwirtschaft durch biotechnologische Innovationen, insbesondere bei der Futtermittelproduktion, sollte ganz oben auf der Tagesordnung stehen, wenn wir kurzfristige Auswirkungen auf die Reduzierung der mit der Tierhaltung verbundenen Emissionen erzielen wollen.

Wir sehen bereits, dass andere Länder sich aktiv mit diesen Technologien befassen und ihre Vorschriften anpassen. Können wir einen ähnlichen Wandel in der EU erwarten?

Die Dynamik nimmt weltweit zu, und einige Länder passen ihre Vorschriften aktiv an, um Unternehmen, die diese neuen Technologien skalieren, geeignete Rahmenbedingungen für den Nachweis der Sicherheit der daraus gewonnenen Produkte zu bieten.

Die EU war in der Vergangenheit bei der Regulierung neuartiger Lebensmittel, einschließlich solcher, die mit innovativen Technologien hergestellt wurden, sehr gründlich, da sie erwartet, dass die Unbedenklichkeit neuartiger Lebensmittel nachgewiesen wird. In dem Maße, wie die Präzisions- und Biomassefermentation als neuartige Verfahren zur Herstellung bestimmter Lebensmittel und Zutaten an Bedeutung gewinnen, ist es plausibel, dass die EU versuchen wird, ihre Regulierungsverfahren anzupassen, um einen klareren Weg für die Zulassung und den Markteintritt von Produkten zu schaffen, die aus diesen Technologien hervorgehen. Die konkreten Änderungen und ihr Zeitplan werden jedoch von zahlreichen Faktoren abhängen, darunter wissenschaftlicher Fortschritt, gesellschaftliche Akzeptanz und das Engagement der EU für die Förderung von Innovationen in der Lebensmittelindustrie.

Das Tempo und die Art der regulatorischen Änderungen können variieren, und es ist wichtig, die laufenden Debatten, die öffentliche Meinung und das sich entwickelnde Verständnis für die Auswirkungen der Technologie zu berücksichtigen. All dies natürlich ohne Kompromisse bei der Sicherheitsbewertung, welche die Grundlage für die Verbrauchersicherheit und letztlich für das Vertrauen der Verbraucher bildet. Außerdem ist eine Abstimmung mit den einzelnen Ländern der EU erforderlich. In diesem Zusammenhang wird es interessant sein zu sehen, wie die EU auf die jüngste Situation in Italien reagiert, wo die Zustimmung des Parlaments zu einem Verbot von kultiviertem Fleisch, das gegen die Grundprinzipien des europäischen Binnenmarktes verstößt, nun von der Zustimmung der EU zu dem Gesetzentwurf abhängt. Auch wenn sich diese Situation auf kultivierte Lebensmittel konzentriert, so zeigt sie doch, dass ein einheitlicher Ansatz auf europäischer Ebene erforderlich ist, um die Regulierung neuartiger Lebens- und Futtermittelzutaten effizient zu gestalten.

English Version

Bioprocesses such as fermentation are widely used in food production and in our kitchens. Similar processes or variations of them, e.g. precision fermentation, are an often discussed topic in food science today. What is the difference between these processes and what opportunities do they offer?

Traditional fermentation, using microorganisms like yeast or bacteria, has a rich history in producing staples like beer, sourdough for bread, and yogurt for centuries. Recently, attention has turned to two additional types of fermentation: so called “biomass” and “precision” fermentation.

Biomass fermentation involves utilizing microorganisms, such as yeast or bacteria, to efficiently produce large amounts of cell biomass. This cell biomass has gained traction as a potential source for sustainable protein and oil. While not a new concept, startups and corporates are rapidly expanding the use of single-cell organisms to upcycle residual streams into protein or oil-rich biomass, for animal and human nutrition. Gaseous fermentation in particular has the potential to fixate CO₂ in biomass if combined with green hydrogen sources, which opens avenues for novel CCU concepts in food & feed.

Precision fermentation, uses genetically engineered microorganisms and usually focuses on creating specific compounds within microorganisms. This approach has seen significant developments in the food industry, with applications such as genetically modified yeasts producing enzymes like chymosin for cheese-making as early as the 1990’s but also more recently for the production of egg or dairy protein. If scaled adequately, precision fermentation offers the potential for a more sustainable and controlled approach to the production of numbers of ingredients in the food and feed industry. Beyond this, it is also growingly coming in the spotlight as means of economically producing animal free ingredients used for cultured meat cultivation media.

Both biomass and precision fermentation have the potential to enhance the nutritional, sensory and sustainability attributes of alternatives to animal derived foods. These processes allow to upcycle low-value side streams into functional ingredients such as myoglobin to deliver the flavor and aroma of real meat or bulk ingredients, such as protein for animal nutrition, while reducing the pressure on the environment. This positions fermentation as a powerful tool to increase the sustainability of the food value chain, reducing environmental impact, and providing production schemes less reliant on climate change. While the cost point of such solutions is still high and the current scale of production remains low for novel applications, the increase of commodity prices such as fish meal, the sustainability concerns and the market demand for tastier meat and dairy alternatives are slowly carving a space for such products.

These new technologies often promise a more sustainable way of producing certain ingredients. Are these expectations justified?

The expectations for precision and biomass fermentation in sustainable ingredient production are generally justified. If scaled properly, these methods can offer more efficient resource utilization, reduced environmental impact, and enhanced control over the production process, contributing to sustainability goals in food and feed industries. As has been demonstrated in the chemical industry, leveraging biology in the food and feed industry, when well designed and managed, would have the potential for generating fewer environmentally damaging by-products and less waste than traditional production schemes.

Beyond the potential environmental benefits, societal and economic benefits can also be expected. The industrialization of biology in other industries such as the chemical and pharmaceutical industries has been linked to economic growth associated with the emergence of new skills and jobs.

Looking in the future, a sustainable food system should also be resilient and food security issues linked to global warming are a key issue on the rise. The future opportunity to disconnect in part the food production from climate change and conventional agricultural production might make our food system more independent from extreme weather events and provide reliable localized nutrition supply.

For all these potential benefits to materialize, it is however very important to review each case and objectively assess under which conditions these sustainability benefits can be harvested at scale. Key challenges such as full biomass utilization in precision fermentation, source of the energy used to operate the production, but also water recycling and ultimately societal acceptance of these production schemes are just some of the open points that need to be addressed to harness the potential of fermentation for sustainable food production.

Apart from regulatory issues, what challenges or problems could limit our use of these new technologies?

As mentioned previously, several challenges could stand in the way of a broader adoption of precision and biomass fermentation by the food industry.

High production costs are still pervasive for most of the current applications in development, this is a limiting factor for large scale adoption. Scaling up from laboratory to industrial levels presents difficulties requiring significant process optimization to bring the OPEX to acceptable levels. Supply chain complexities, especially in global distribution networks, pose challenges related to quality control, traceability, and logistics. Infrastructure requirements for large-scale fermentation will necessitate upgrades and new capacity meeting the demand of the food and feed industry, adding to implementation challenges.

Understanding and mastering the environmental impacts, such as energy mix and consumption but also side streams recycling or utilization, require careful consideration despite the overall environmental benefits put forward by companies looking to scale biomass or precision fermentation.

Consumer acceptance of products from these processes, given concerns about their "unnatural" or "genetically modified" nature, remains a hurdle, in particular for precision fermentation which relies on GMOs to produce target components. This topic poses the overall question of the acceptance of biotech in food and has meanwhile also entered the political arena in some countries where banning cultivated meat is being considered or attempted. Meanwhile other nations seem to embrace the potential of biotech in food such as South Korea who amended the Food Sanitation Act to recognize cultivated food as an ingredient within the legal framework and showed in recent polls that 90% of consumers would try cultivated meat. Fermentation seems to be less controversial than cultured meat as it builds on a long heritage of the traditional fermentation, but it would be naïve to ignore the risk of consumer reject. Educational efforts will be vital to building awareness and understanding among consumers, producers, and regulatory bodies. Overcoming these challenges will demand collaborative efforts on large scale, from industry stakeholders, policymakers, and researchers to ensure the sustainable and broad integration of novel ingredients derived from precision and biomass fermentation in the food and feed sector.

Some traditional livestock farmers are concerned that they will be replaced. Could livestock farming actually lose its justification? Are there ways to integrate farmers' skills in these new technologies?

This is a valid question, but I believe the concern is underestimating the time factor to scale precision or biomass fermentation to a level which will begin to compete with ingredients derived from conventional agriculture. Complete replacement is unlikely, and livestock farming can still justify its existence for years to come. Integrating farmers' skills into these new technologies will be an essential part for a successful transition.

Livestock farming provides a range of products beyond meat, such as milk, wool, and leather. Precision and biomass fermentation mainly focus on specific components and may not cover the entirety of traditional

livestock outputs. On the consumer side, especially in certain cultures, conventionally produced meat and animal products may continue to be favored, maintaining a demand for traditional livestock farming. Furthermore, in rural areas, livestock farming is deeply intertwined with livelihoods. Replacing it entirely, assuming it would be possible, could have extreme socio-economic consequences.

There are ways to drive this transition, but here again it requires a collaborative thinking and doing. Governments and industry should consider establishing programs to help traditional farmers gradually transition by providing training (either in the target sector for biotech or by helping them to repurpose themselves in other sectors) and financing. Gradually, farmers could explore value-added production by incorporating fermentation processes on their farms, for instance through collaboration with industrial actors. This could involve producing feed additives or protein sources as well as utilizing fermentation for on-farm waste management. Making traditional farming more sustainable through biotech innovations, in particular for feed production, should be high on the agenda if we want short term impact on reducing the emissions associated with animal rearing.

We already see that other countries are actively involved in these technologies and are adapting their regulations. Can we expect a similar change in the EU?

There is a growing momentum globally, with some countries actively adapting regulations to provide companies scaling these emerging technologies with suitable frameworks to demonstrate the safety of the derived products.

The EU has historically been thorough in regulating novel food products, including those derived from innovative technologies, expecting the innocuous nature of novel foods to be demonstrated. As precision and biomass fermentation gains prominence as novel way to produce certain foods and ingredients, it is plausible that the EU will seek to adapt its regulatory processes to provide a clearer pathway for the approval and market entry of products resulting from these technologies. However, the specific changes and their timeline will depend on multiple factors, including scientific advancements, societal acceptance, and the EU's commitment to fostering innovation in the food industry.

The pace and nature of regulatory changes can vary, and it is essential to consider ongoing debates, public opinions, and the evolving understanding of the technology's implications. All of this, of course, without compromise towards the safety assessment which underpins consumer safety and ultimately, consumer trust. It will also require alignment with the individual nations of the EU. In this context, it will be interesting to see how the EU reacts to the recent situation in Italy where a Parliament approval of a cultured meat ban, going against basic principles of the single market in Europe, is now pending on the EU approval of the bill. Though focused on cultured food, this situation exemplifies the need for a unified approach on European level to manage efficiently the regulation of novel food and feed ingredients.