

Abstract

Two highly topical issues of the modern food and beverage production are sustainability and the development of new resource-conserving products with functional properties. Surplus yeast from the brewing process, which occurs in vast quantities, is an ideal raw material for the sustainable manufacture of different value-added products and nutritional supplements. The objective of this work was therefore to elucidate the manufacturing process to exploit individual yeast nutrients for the reuse in the food industry, with a special focus on the brewing industry.

The soluble content of yeast cells is rich in different nutrients and is commonly referred by the term “yeast extract”. The composition and bioavailability of yeast extract nutrients varies widely because manufacturing processes are different in the food industry. Consequently, research findings also differed on the use of yeast extracts, which are also referred to as “yeast food” in this context, to boost fermentation performance of brewing yeast. It was demonstrated that two main commercial yeast disruption methods (bead mill and autolysis) and a promising method with up-scaling potential (ultrasonic sonotrode) for implementation in the brewing process influenced the nutritional composition of a yeast extract from brewer’s spent yeast *S. cerevisiae* TUM 68. Moreover, spent yeast from the brewing process was a highly biodiverse raw material for yeast extract production and factors such as wort gravity, time of yeast cropping and yeast strain had a great impact on the composition of yeast extract nutrients.

In detail, the proteinogenic content of brewer’s spent yeast extract was found to be an excellent source for the human diet because of the high percentage of essential and non-essential amino acids. A great proportion of these amino acids were in a free form and therefore easy to metabolise for brewing yeast. However, different biochemical release processes during yeast extract manufacturing caused a varying free amino acid profile. The concentration of all B-vitamins in the yeast extract decreased during the autolytical disruption process because of thermal stress. A more detailed examination on the folic acid group indicated that the yeast raw material and the disruption process influenced the folate vitamers distribution, especially the concentration of the biological active 5-CH₃-H₄folate. The release of several macro- and microminerals from the yeast cell into the yeast extract was determined. Nevertheless, cell-wall-bound zinc could not be released by the methods investigated in this thesis. Furthermore, the impact of the yeast manufacturing process on

valuable yeast extract compounds such as glutathione, RNA, trehalose and γ -aminobutyric acid or the biological activity (antioxidative and reduction potential) was investigated.

The use of spent yeast from the brewing process is therefore a suitable raw material for the production of yeast extracts to supplement the human diet and for use as yeast food. However, modern cost-saving brewing operations such as high-gravity brewing and the trend of using alternative non-*Saccharomyces* yeast strains provide a biodiverse raw material. Selecting the most appropriate yeast disruption method and carefully choosing process parameters are essential steps to obtain a high-quality yeast extract.

The investigations on reusing brewer's yeast spent extract in the brewery should take the brewing industry a further step towards a sustainable brewing process. It was demonstrated that yeast extract supplementation of a standard brewing yeast propagation process boosted yeast cell concentration and yeast vitality. Moreover, brewing yeast propagation in high-gravity wort was also improved and subsequent fermentation was accelerated without any negative effects on the sensory quality of the beer. A scaled-up industrial yeast extract production process for implementation into the brewing process using a specially designed "half-wave barbell horn[®]" for ultrasonication was suggested.

Zusammenfassung

Nachhaltige Produktionsverfahren und die Entwicklung von ressourcenschonenden funktionellen Lebensmitteln und Getränken sind zentrale Ziele der heutigen Nahrungsmittelindustrie. Überschusshefe aus dem Brauprozess stellt ein nährstoffreiches, günstiges und in großen Mengen vorkommendes Ausgangsmaterial für die Herstellung von Nahrungsergänzungsmitteln und Nährstoffextrakten für die Lebensmittelindustrie dar. Ziel dieser Dissertation war die Untersuchung von kommerziell relevanten Verfahren zur Hefeextrakt-Herstellung aus Brauereiüberschusshefe, deren Auswirkungen auf die komplexe Nährstoffzusammensetzung der Hefeextrakte und die nachhaltige Wiederverwendung der extrahierten Hefeinhaltsstoffe im Brauprozess.

Der allgemein gefasste Begriff „Hefeextrakt“ bezeichnet die löslichen Inhaltsstoffe der Hefezelle, welche nach Zerstörung und Abtrennung der Zellwände, verbleiben. Die Nährstoffzusammensetzung der Hefeextrakte variiert stark und ist vom Herstellungsprozess abhängig. Dies hat zur Folge, dass auch Forschungsergebnisse zum Einsatz von Hefeextrakten zur Verbesserung der Fermentationsleistung, wie beispielsweise im Brauprozess, variieren. Eine Interpretation der Resultate wird außerdem erschwert, da eine exakte Nährstoffzusammensetzung der Hefeextrakte und die Wirksamkeit einzelner Bestandteile im komplexen Zusammenwirken unzureichend aufgeklärt sind. In dieser Arbeit wurde daher zunächst nur der Einfluss des Hefeextraktionsverfahrens auf die Nährstoffzusammensetzung untersucht. Dabei wurde die Herstellung von Hefeextrakt aus Überschusshefe des Hefestamms *S. cerevisiae* TUM 68 anhand von zwei industriell verwendeten Verfahren (Zellmühle und Autolyse) und einer Methode mit Up-Scaling Potential (Ultraschall-Sonotrode) zur Implementierung im Brauprozess miteinander verglichen. Anschließend wurde der Einfluss der Biodiversität der Überschusshefe als Ausgangsmaterial zur Hefeextrakt-Herstellung betrachtet, indem Hefestamm, Erntezeitpunkt der Überschusshefe und der Extraktgehalt des Fermentationsmediums im Brauprozess variiert wurden.

Es konnte gezeigt werden, dass der proteinogene Anteil der Hefeextrakte aus Überschusshefe einen hohen Gehalt an essentiellen und nicht-essentiellen Aminosäuren für die menschliche Ernährung bereitstellte. Ein hoher Anteil aller proteinogenen Aminosäuren lag frei und nicht gebunden im Protein vor, was für eine schnelle Verstoffwechslung beim Einsatz als „Yeast Food“ wichtig ist. Sowohl die Hefeextraktionsverfahren als auch die Brauerei-Überschusshefe hatten jeweils einen signifikanten Einfluss auf den enzymatischen Freisetzungsprozess der

Aminosäuren und den Gesamt-Proteingehalt. Der Gehalt an B-Vitaminen wurde durch thermische Belastung beim autolytischen Extraktionsverfahren verringert. Eine tiefgehende Analyse der Folsäurederivate zeigte, dass sowohl das Hefeausgangsmaterial als auch der Hefezellaufschlussprozess die Folat-Vitameren-Verteilung, insbesondere das biologisch wirksame 5-CH₃-H₄Folat, beeinflusste. Die Freisetzung von einer Vielzahl an Mikro- und Makromineralstoffen aus der Hefezelle konnte nachgewiesen werden. Eine Freisetzung von Zellwand-gebundenem Zink war mit den hier verwendeten Methoden nicht möglich. Darüber hinaus wurde ein Einfluss des Herstellungsprozesses auf weitere wertgebende Hefeextrakt-Bestandteile wie Glutathion, RNA, Trehalose, γ -Aminobuttersäure oder das biologische Potential (Reduktions- und antioxidatives Potential) festgestellt.

Die Verwendung von Überschusshefe aus dem Brauprozess erwies sich daher als ein geeignetes Ausgangsmaterial zur Hefeextrakt-Herstellung, welches sowohl wertgebende Bestandteile für die menschliche Ernährung bereit stellt aber auch als Yeast Food verwendet werden kann. Moderne und kostensparende High-Gravity Brauverfahren und der Trend zur Verwendung von nicht-*Saccharomyces* Brauhefen erhöhen die Biodiversität der Brauerei-Überschusshefe. Eine zielgerichtete Auswahl des Hefeextrakt-Herstellungsverfahrens und entsprechender Prozessparameter sind für eine hohe und gleichbleibende Hefeextrakt-Qualität entscheidend.

Die Untersuchungen zur Wiederverwendung von Hefeextrakt aus Brauerei-Überschusshefe im Brauprozess sollten einen weiteren Teil zu einer nachhaltigen Brauindustrie beitragen. Hier konnte mit Hilfe von Hefeextrakt die Hefezellkonzentration und die Hefevitalität eines Propagationsprozesses in 12 °P Würze erhöht werden. Auch die Hefe-Propagation in High-Gravity Würzen wurde verbessert und eine anschließende Fermentation beschleunigt ohne die Bierqualität negativ zu beeinflussen. Ein möglicher industrieller Hefeextrakt-Produktionsprozess, in welchem ein speziell konstruiertes „Half-Wave Barbell Horn®“ integriert ist, wurde zur Implementierung im Brauprozess vorgestellt.