



Doctoral Thesis

Untersuchungen über die Kochextrusion von Stärke

Author(s):

Huber, Daniel

Publication Date:

1985

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000339054> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 7741

UNTERSUCHUNGEN UEBER DIE KOCHEXTRUSION VON STAERKE

ABHANDLUNG
ZUR ERLANGUNG
DES TITELS EINES DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

Daniel Huber

dipl. Lm.-Ing. ETH

geboren am 8. Dezember 1954

von Madiswil (BE) und Riehen (BS)

angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. J. Solms, Referent

Prof. Dr. H. Neukom, Korreferent

Zürich 1985

Kapitel 5

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich am Beispiel verschiedener Stärken und Stärkeprodukten mit den Wechselwirkungen zwischen Rohmaterialeigenschaften, Extrusionsparametern und Eigenschaften der Extrudate. Ziel der Untersuchungen war die Ableitung möglichst allgemein gültiger Zusammenhänge zwischen der Extrusion und den Produkteigenschaften. Als Rohmaterialien dienten native Maisstärke, eine vernetzte Maisstärke und drei zunehmend säuremodifizierte Maisstärken. Dextrane mit unterschiedlichem mittlerem Molekulargewicht und ein vernetztes Dextran (Sephadex G-25) wurden als stärkeähnliche Vergleichssubstanzen extrudiert.

Die Extrusionsversuche und die Analysen der Produkte zeigten, dass die Viskosität bzw. die rheologischen Eigenschaften der plastifizierten Masse im Düsenkopf einen zentralen Einfluss sowohl auf die gemessenen Grössen während der Extrusion als auch auf die Produkteigenschaften hat. Die Viskosität nahm mit dem Wassergehalt im Rohmaterial, mit der Extruderdrehzahl und mit der Extrusionstemperatur ab. Die Viskosität von säuremodifizierter Stärke erwies sich als verstärkt temperaturabhängig (höhere Aktivierungsenergie). Vernetzung erhöhte die Viskosität, Säureabbau senkte sie. Erhöhte Viskosität der Masse im Extruder liess sowohl den Druck im Düsenkopf als auch die Massetemperatur ansteigen.

Die Morphologie der Extrudate hängt stark vom Geschehen an der Extruderdüse ab. Mit zunehmender Extrusionstemperatur, d.h. abnehmender Viskosität, nimmt die Längsexpansion langsam zu, die Querex-

pansion dagegen relativ schnell. Bei einer Temperatur von 150°C, bei welcher die plastifizierte Masse eine Viskosität von ca. 2000 Pa.s aufweist, ist ein Maximum der Querexpansion zu beobachten. Eine geringfügige weitere Viskositätssenkung durch die Erhöhung der Extrusionstemperatur bewirkt das direkte Expandieren an der Düsenöffnung bzw. innerhalb der Düse, so dass die Querexpansion stark abnimmt und die Längsexpansion entsprechend ansteigt. Je höher die Temperaturabhängigkeit der Viskosität (Aktivierungsenergie) einer Stärke, desto stärker ist der Abfall der Querexpansion und der Anstieg der Längsexpansion. Das spez. Volumen der Extrudate nimmt bis 190°C zu und wird oberhalb dieser Temperatur konstant oder fällt sogar wieder ab. Rohmaterialien, welche nach der Extrusion praktisch keine Wasserlöslichkeit aufweisen, wie z.B. vernetztes Dextran, expandieren nur sehr wenig.

Spaltungen der Polysaccharide können entweder mechanischen oder thermischen Ursprungs sein. Die Bestimmung der hochmolekularen Polysaccharide in der Gelfiltration vor und nach der Extrusion zeigte, dass mit abnehmender Viskosität der plastifizierten Masse im Düsenkopf, d.h. z.B. mit zunehmendem Säureabbau vor der Extrusion bzw. mit steigenden Extrusionstemperaturen, die Stärkespaltung an den hochmolekularen Fraktionen (v.a. am Amylopektin) abnimmt. Einzig beim hochmolekularen Dextran D 1 wurde mit der Extrusionstemperatur zunehmender Abbau beobachtet, was auf erhöhte thermische Labilität zurückgeführt wurde. Dextrane mit einem Molekulargewicht zwischen 17 und 252×10^3 zeigten wohl wegen ihrer sehr tiefen Viskosität der plastifizierten Masse keine Abbauerscheinungen.

Extraktionen der Extrudate mit 40%igem Ethanol, die zur Bestimmung von Dextrinisierungsprodukten angewendet wurden, ergaben nur für säuremodifizierte Stärken erhöhte und mit der Extrusionstemperatur steigende Werte. Diese Stärken besitzen anscheinend eine geringere thermische Stabilität.

Mit den Analysen der Wasserlöslichkeit und mit dem Amylogramm wurden sowohl Aufschluss als auch Abbau der Stärken erfasst. Vernetzung bewirkte geringe und von der Extrusionstemperatur unabhängige Wasser-

löslichkeit und hohe Viskositäten im Amylogramm. Säureabbau vor der Extrusion verursachte erhöhte Löslichkeit und tiefe Viskositäten im Amylogramm, welche bei 170°C ein Maximum zeigten, was auf einen kombinierten Effekt von optimalem Aufschluss und thermischem Abbau zurückgeführt wurde. Der Vergleich des Wasseraufnahmevermögens mit den Wasserlöslichkeitsdaten machte deutlich, dass zunehmende Wasserlöslichkeit den Wasserabsorptionsindex abfallen lässt. Die Bestimmung eines korrigierten Wasserabsorptionsindex, bei welchem das Sedimentgewicht nur auf die im Sediment befindliche Trockensubstanz bezogen wird, zeigte vom normalen Wasserabsorptionsindex stark abweichende Tendenzen.

Zumindest bei der Extrusion von Stärkepräparaten kann ein wesentlicher Teil der beobachteten Phänomene mit der Viskosität der plastifizierten Masse in der Ausstosszone in Zusammenhang gebracht werden kann. Mit andern Worten ist es möglich, die Viskosität der plastifizierten Masse für die Umschreibung des Extrusionsprozesses als zentrale Grösse zu verwenden. Damit besteht auch die Möglichkeit, die Resultate auf grössere Extruder und auf andere Extrudertypen zu übertragen.

SUMMARY

This research deals with the interactions between the properties of the raw materials, the extrusion parameters and the properties of the extrudates. The aim of the investigations was to establish generally valid relations between the extrusion-cooking process and the properties of the products.

Native corn starch, a crosslinked corn starch and three increasingly acid modified corn starches were used as raw materials. Dextranes with different mean molecular weights as well as a crosslinked dextrane (Sephadex G-25) were extruded to serve as starchlike reference substances.

The extrusion-cooking experiments and the analyses of the products showed that the viscosity that is the rheological properties of the plasticized mass in the die head has an important influence not only on the measurements performed during extrusion-cooking, but also on the properties of the products. An increase of the water content in the raw material, of the screw speed and of the extrusion temperature caused a decrease of the viscosity. The viscosity of acid modified starch was influenced to a greater extent by temperature (higher activation energy). Crosslinking of the starch increased the viscosity, while modification with acid decreased it. Rising viscosities increased the pressure in the die head as well as the temperature of the product in the extruder.

The morphology of the extruded products depends on the processes taking place at the die of the extruder. A rise in extrusion temperature, e.i. reduction of the viscosity, causes a slow increase in the longitudinal- and a strong increase in the radial expansion. The radial expansion is at its maximum at a temperature of 150°C, when the viscosity of the plasticized mass is approximately 2000 Pa.s. A further slight decrease in viscosity, induced by a rise in extrusion temperature, causes an expansion directly at the die orifice or inside the die. This results in a large reduction of the radial expansion and a corresponding increase of the longitudinal expansion. It can be said that the more the

viscosity of a starch is dependent on temperature (activation energy) the more pronounced is the decrease of the radial expansion and the increase of the longitudinal expansion. The specific volume increases up to an extrusion temperature of 190°C and then remains constant or even decreases again above this temperature. Raw materials which are almost insoluble in water after extrusion-cooking, e.g. crosslinked dextrane, show only a slight radial expansion.

Cleavage of the polysaccharides can be induced either mechanically or thermally. Gel filtration of the high-molecular weight polysaccharides before and after extrusion-cooking revealed that a reduction in the viscosity of the plasticized mass in the die head, due to increasing acid modification before extrusion or by higher extrusion temperatures, causes less cleavage of the high-molecular weight starch fraction, especially in amylopectin. Only the high-molecular weight dextrane D 1 showed a progressing degradation with increasing extrusion temperature. This can be explained by the higher thermal instability of the dextrane. No cleavage could be observed in dextrans with a molecular weight between 17 and 252×10^3 , probably because of the low viscosities of the plasticized mass in the extruder. Extraction of the extrudates with ethanol (40% v/v) was used for the determination of dextrinization products. Only acid modified starches had high values which increased with increasing extrusion temperatures. These starches probably have a lower thermal stability. Determinations of water-solubility and amylograms gave information on both the state of the starch granule and on the cleavage of the starch molecules. The solubility in water of extruded crosslinked starch was low and independent of the extrusion temperature. The same starches exhibited high viscosities in the amylogram. Acid modification before extrusion-cooking caused higher solubilities and lower viscosities in the amylogram. The amylogram exhibited a maximum at 170°C which is probably due to a combination of an optimal state of the starch structure and of thermal damage. Comparison of the water-absorption capacity with water-solubility data showed that an increasing water-solubility causes a decrease in the water-absorption capacity. A corrected water-absorption index was calculated by relating the mass of

the sediment only to its dry matter content. These corrected values differed extensively from the normal water-absorption index.

Most of the observations made during the extrusion-cooking of starchy raw materials can be explained with the viscosity of the plasticized mass in the metering zone of the extruder. Thus it is possible to use the viscosity of the plasticized mass as a criterion for the description of the extrusion process. The possibility therefore also exists to apply the results to bigger and to other types of extruders.