

Diss. ETH No. 13153

Production and characterisation of *Prosopis* seed galactomannan

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

For the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by

Gastón Eduardo CRUZ ALCEDO
Ingeniero Industrial, Universidad de Piura
born June 2, 1963
citizen of Peru

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Renato Amadò, examiner
Prof. Dr. Felix Escher, co-examiner
Ms. Eva Arrigoni, co-examiner

Zurich 1999

SUMMARY

The fruits of the “algarrobo” tree (*Prosopis pallida* and *Prosopis juliflora*) have a long tradition as food source in the arid zones of Northern Peru, in addition to their main use as animal feed. Recently, a wide range of food products has been developed on the basis of a detailed characterisation of each part of the fruit. These efforts aim to valorise the fruits as a way to avoid trees to be used for firewood only. The present work is related to the *Prosopis* seed gum (also referred to as mesquite seed gum), a galactomannan polysaccharide with potential applications as thickening agent in the food industry.

Extraction techniques of the seed endosperm have been studied in order to develop an appropriate industrial process. Aqueous extraction of gum has been shown to be suitable for analytical purposes but not for a large-scale production. Two methods, currently used for industrial production of guar, tara and carob gum, were evaluated. Treatment with sulphuric acid and roasting of the seeds have been proven to be effective for the elimination and detachment of the seed coat, respectively. Subsequent splitting and sorting of the endosperm led to the production of two types of technical gum (PA gum = acid process and PR gum = roasting process). Yields were 22% and 3.4% respectively, referring to the weight of the seeds. The large difference is due to different sorting techniques.

Physicochemical characterisation of both technical gums and an isolated galactomannan sample has been performed. PA gum showed a higher amount of impurities derived from the seed coat while PR gum contained proteins originating from cotyledon fragments. Both samples exhibited an M/G ratio of 1.4 and their galactomannan content was approximately 85%, comparable with those of commercial seed gums. The polysaccharide structure was shown to consist of a linear chain of β -1,4-linked mannose units to which single, α -1,6-linked-galactose residues are attached. The average molecular weight was estimated to be 1.1×10^6 in PA gum and 0.6×10^6 in PR gum, while it was 1.8×10^6 in isolated, non-treated galactomannan. This evidences that thermal processing causes considerable depolymerisation and, as a consequence, a reduction of viscosity of gum solutions.

Rheological properties of *Prosopis* gum solutions clearly reflected a non-Newtonian, pseudoplastic flow behaviour, even at low concentrations, which fitted the Ostwald model well. The influence of concentration and temperature on the viscosity has been studied. Solutions have shown to be stable during storage, and not to be affected by pH changes and freeze-thaw processes. The viscosity of 1% solutions of PA gum and PR gum were 1020 and 460 mPa·s respectively (measured at 25°C for a shear rate = 10 s⁻¹).

The *in vitro* digestibility and colonic fermentability of *Prosopis* gum have been evaluated, pointing to its use as soluble dietary fibre. The gum was proven to be indigestible. From fermentation experiments the rate of substrate disappearance, and the amount and proportion of short chain fatty acids produced, provided interesting information, revealing some differences between galactomannans of different M/G ratio. *Prosopis* galactomannan was found to produce higher amounts of propionic acid compared with tara and carob gum during colonic fermentation. On the whole, it has been shown that *Prosopis* gum could be used as a source of soluble dietary fibre.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Früchte des "Algarrobo" Baumes (*Prosopis pallida* und *Prosopis juliflora*) haben neben ihrem Hauptverwendungszweck als Tierfutter eine lange Tradition als Nahrungsmittelquelle in den ariden Zonen Nordperus. Basierend auf detaillierten Kenntnissen der einzelnen Fruchtteile, wurde in den letzten Jahren eine breite Palette von Lebensmittelprodukten entwickelt. Ziel dieser Bemühungen ist es, die Früchte aufzuwerten, um die ausschliessliche Verwendung des Baumes als Brennholz zu verhindern. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der potentiellen Anwendung des *Prosopis* Samengummis (auch als Mesquite Samengummi bezeichnet) als Verdickungsmittel für die Lebensmittelindustrie und als potentielle lösliche Nahrungsfaser.

Verschiedene Möglichkeiten zur industriellen Gewinnung des Samenendosperms wurden untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass eine wässrige Extraktion des Gummis für analytische Zwecke geeignet ist, für eine Produktion in grossen Mengen jedoch nicht taugt. Zwei Methoden, welche für die industrielle Herstellung von Guar-, Tara- und Caruben-Gummi im Einsatz sind, wurden hinsichtlich ihrer Eignung zur Gewinnung von *Prosopis*-Gummi untersucht. Eine Behandlung der *Prosopis*-Samen mit Schwefelsäure und ein Röstprozess erwiesen sich zur Ablösung und Entfernung der Samenschale geeignet. Anschliessendes Zerkleinern und Sortieren des isolierten Endosperms hat zu zwei Typen technischer Gummis (PA-Gummi = Säureprozess; PR-Gummi = Röstprozess) geführt. Die Ausbeuten betragen 22% bzw. 3.4% bezogen auf das Gewicht der Samen. Der grosse Unterschied liegt in den Sortierungstechnik verwendet.

Beide technischen Gummis wurden physikochemisch charakterisiert. Der PA-Gummi enthielt grössere Mengen aus der Samenhülle stammender Verunreinigungen, während der Keimling-Reste enthaltende PR-Gummi einen erhöhten Proteingehalt aufwies. Der Galactomannangehalt beider Gummis lag bei ca. 85% und war somit vergleichbar mit dem Gehalt kommerzieller Samengummis (Guar-, Tara- oder Caruben-Gummi). Die beiden Gummis zeigten ein M/G Verhältnis von 1.4. Mit Hilfe der Methylierungsanalyse konnte gezeigt werden, dass die Galactomannane aus einer linearen Kette β -1,4-verknüpfter Mannoseeinheiten bestehen, an welche einzelne Galactosereste α -1,6-verknüpft

sind. Das mittlere Molekulargewicht für den PA-Gummi betrug 1.1×10^6 , jenes des PR-Gummi 0.6×10^6 . Das im analytischen Massstab isolierte, nicht behandelte Galactomannan wies ein mittleres Molekulargewicht von 1.8×10^6 auf. Diese Resultate machen deutlich, dass eine thermische Behandlung zu einer beträchtlichen Depolymerisierung des Gummi führt und als Folge davon die Viscosität von Gummilösungen herabgesetzt wird.

Der Einfluss der Konzentration und der Temperatur auf die Viscosität von *Prosopis*-Gummilösungen wurden untersucht. Die Viscosität von 1%-igen Lösungen des PA-Gummi und des PR-Gummi betragen 1020 mPa·s bzw. 460 mPa·s (bei 25°C und einem Schergefälle von 10 s^{-1}). Die rheologischen Eigenschaften widerspiegeln selbst bei tiefen Konzentrationen ein Nicht-Newton'sches, pseudoplastisches Verhalten und erfüllen die Vorgaben des Ostwald Modells gut. Die Lösungen waren lagerungsstabil und wurden weder durch pH Veränderungen noch durch Gefrier-Auftau Prozesse beeinflusst.

Mit Hilfe von *in vitro* Versuchen wurde die Verdaulichkeit von *Prosopis*-Gummi und dessen Fermentierbarkeit im Dickdarm ermittelt. Erwartungsgemäss erwies sich der Gummi als unverdaulich. Der Verlauf des Substratabbaus durch die Dickdarmflora sowie Menge und Verhältnis der produzierten kurzkettigen Fettsäuren lieferten interessante Informationen. Es konnten eindeutige Unterschiede in der Fettsäureverteilung bei Galactomannanen mit unterschiedlichem M/G-Verhältnis beobachtet werden. Während der simulierten Dickdarmfermentation, produzierte der *Prosopis*-Gummi höhere Mengen Propionsäure als Tara- und Caruben-Gummi. Gesamthaft konnte gezeigt werden, dass ein Einsatz von *Prosopis*-Gummi als lösliche Nahrungsfaser durchaus denkbar ist.