

## Produktionslenkungssystem zur Regelung der Chemischen Zusammensetzung der Fleischerzeugnisse

ARDÓS, Z. - KÖRMENDY, L.

Ungarisches Forschungsinstitut für Fleischwirtschaft, Budapest, Ungarn

### EINLEITUNG

Im Interesse der Herstellung der Fleischerzeugnisse geeigneter Qualität und zur gleichen Zeit auch auf wirtschaftliche Weise muss danach gestrebt werden, um die chemische Zusammensetzung der Erzeugnisse so genau wie möglich regeln zu können. Obzwar bei der Verteilung der Fleischerzeugnisse die organoleptischen Eigenschaften mit einem grösseren Gewicht erscheinen, ist aber die Ursache der Qualitätseinwände entscheidend den Zuführungen meistens die mit den Normvorschriften nicht in Einklang stehende chemische Zusammensetzung. Für die unrichtige Regelung der Zusammensetzung können die veränderliche Zusammensetzung der Rohstoffe sowie die Schwierigkeiten der Rezepturerwählung gleichfalls verantwortlich gemacht werden.

Die Veränderlichkeit der Zusammensetzung der Rohstoffe wird durch verschiedene technologische Verfahren verringert. In dem einen Falle geschieht die homogenisierende Umverteilung, die Standardisierung des Rohstoffes grossen Massen, eventuell die Korrekturierung der Zusammensetzung. In dem anderen Falle erreicht man durch die sorgfältige Klassifizierung des Rohstoffes, dass die einzelnen Klassen zu der Herstellung der Fleischerzeugnisse eine Ausgangsbasis bekannter Zusammensetzung, konstanter Qualität sichern sollen /1,2,3,4/. Bei der Erwählung des geeigneten Verfahrens ist die Anzahl der erzeugten Produkte, die Grösse des Betriebes sowie die Grösse der einzelnen Produktionsposten ein entscheidender Gesichtspunkt.

Ein wichtiges, die Rohstoffvorbereitung ergänzendes Moment ist die Kontrolle der chemischen Zusammensetzung. Es ist zweckmässig von den Schnellanalysatoren die mit grosser Genauigkeit arbeiten, nicht destruktiven Anlagen anzuwenden. Allgemein verbreitet wird das Gerät Anyl-Ray angewendet, das zu der Bestimmung des Fettgehaltes dient /5,6,7/. Andere ersten Erfahrungen sind sowohl mit diesem Gerät, als auch mit der tschechoslowakischen Schnellfettbestimmungsanlage Typ "MH-2" /8/ günstig. Im Besitz der Information bezüglich des Fettgehaltes der Fleischwaren kann die Erwählung der Herstellungszusammensetzung an die Reihe kommen. Im Falle der "Rührer-technologien" kann die Korrektur der Grundmischung /1/, oder die Steuerung der Zusammenwägung /9/ und bei den "Kutter-technologien" die genaue Kalkulation der Rezepturen /4,10/ in Frage kommen. Einfache kalkulationslösungen und Zielrechner /targetcomputer/ sind gleichfalls bekannt /10,11,12/.

In Ungarn können die Produktionslenkungsaufgaben wegen der unterschiedlichen Grösse der Betriebe sowie wegen der breiten Produktskala /kleine Produktionsposten/ schwer gelöst werden. Die veränderliche Genauigkeit der Informationen bezüglich der Zusammensetzung der Rohstoffe, die abweichende Streuung der chemischen Zusammensetzung der Rohstoffposten erschweren die Ausbildung eines allgemeinen Rezepturoptimalisierungsmodells. Wir mussten eine Lösung solcher Art wählen, die gehörig elastisch ist und die - sich nach der Unlässlichkeit der Informationen richtend - bei der Berechnung der Rezepturen eine mathematisch-statistische Sicherheit garantiert.

Über die Gründe der Produktionslenkungsmodelle haben wir schon früher berichtet /13,8/. Die Grundmodelle haben wir ausgeweitet, um sie im Falle von mehreren Produkten anwenden zu können. Die sich so herausgebildeten drei Modelle bedeuten drei Produktengruppen, die eine bedeutende Mehrheit der Fleischerzeugnisse in sich fassen. Die Modelle bilden ein einheitliches, einheitliches System.

### DAS PRODUKTIONSLENKUNGSSYSTEM "PRODUCONT"

Das Modellsystem besteht aus 3 Grundmodellen, aus deren BEFFE-regelnden Variationen sowie aus 6 Ergänzungsprogrammen. Aus Zweckmässigkeitsgründen - gleichzeitig mit der allgemeinen Vorstellung des Systems - weisen wir auch auf die konkrete auf Kleinrechner /mini-computer/ fertiggestellte Verwirklichung hin.

Die Modelle dienen zu der Vorbereitung der Rezepturen der einzelnen Produktengruppen. Die Modelle stützen sich auf ein gemeinsames Datenvorbereitungsprogramm; die Dateneinfuhr, die austretenden "Dienstleistungen" sind einheitlich. So ist das System gehörig leicht zu überblicken und seine Anwendung auf Kleinrechner ist äusserst einfach.

Die einzelnen Modelle nehmen die chemische Zusammensetzung der zur Verfügung stehenden Rohstoffe, die sich auf diese beziehenden Streuungen und die Normvorschriften in Betracht; von diesen abhängig suchen sie eine Rezeptur solcher Art, die der Norm entsprechende Zusammensetzung des Fleischerzeugnisses mit gehöriger Sicherheit, aber mit dem möglichst geringsten Rohstoffverbrauch sichert.

Die Rezeptur richtet sich also nach der veränderlichen Zusammensetzung der Rohstoffe, und wehrt mit solcher Genauigkeit, wie genau die sich auf sie beziehende Information ist.

Neben den von Fall zu Fall veränderliche Mengen aufweisenden Komponenten der Rezepturen gibt es eine Möglichkeit zu der Haltung der einzelnen Komponenten auf einem gegebenen konstanten Wert. In solchen Fällen löst das Modell die Erreichung des gesamten Eiweissgehaltes durch die Modifizierung der anderen Komponenten. Gleichfalls ist das miteinander

verglichene Verhältnis der einzelnen Fleischkomponenten bzw. das der fetthaltigen Rohstoffkomponenten im voraus zu erwählen. Dadurch können auch Rohstoffdispositionsinformationen bzw. Lösungen von anderen zur Optimierung der Produktionsstruktur dienen - den Modellen in Betracht genommen werden.

Bei der Ausarbeitung der Rezepturen kann deren Charakter im voraus geplant werden: welche Grundstoffe, welche Nebenprodukte und Zuschlagsstoffe und in welchem Verhältnis sie angewendet werden sollen. Durch diese sowie durch die in Betracht genommenen Normanforderungen gelangt auch der Charakter des Produktes zur Bestimmung. Nur jene, in unserer Hinsicht wichtigste Entscheidung müssen wir nicht selbst vornehmen: wie viel Fleischrohstoff ist insgesamt zur Erreichung der gewünschten chemischen Zusammensetzung nötig - dieses letztere erhalten wir als die Lösung des Modells.

Die Elastizität des Systems wird eben durch die freie Gruppierung der Eingangsinformationen, durch die Möglichkeit der entsprechenden Anwendung der Schranken gesichert. Herum um die verhüllt anwesende "ideelle" Rezeptur, der annähernd, aber sie im Masse der Schwankungen und Ungewissheit der Rohstoffzusammensetzung bewegend entstehen die einzelnen Lösungsrezepturen.

#### Die Modelle MOD 10, MOD 20 und MOD 30

Drei Modelle reichen zu den Rezepturen der entscheidenden Mehrheit der Erzeugnisse. Die sich auf die Zusammensetzung der Erzeugnisse beziehenden ungarischen Normvorschriften können nämlich auf 3 Typen geteilt werden: Typ  $P_{MIN} - W_{MAX}$ , Typ  $P/F_{MIN}$  und Typ  $P/E_{MIN}$ ; hier bedeutet P den Proteingehalt, W den Wassergehalt, F den Fettgehalt und E den Trockensubstanzgehalt. Die Bezeichnungen MIN und MAX verweisen auf den Charakter der Normschränke /der zweite Fall bedeutet z.B. die untere Grenze des Verhältnisses Protein:Fett/.

Diesen drei Typen entsprechend dienen in dem Modellsystem die Modelle MOD 10, MOD 20 und MOD 30 zu der Rezepturen erwählung. Durch das Einsetzen der entsprechenden Konstanten und Schranken erstreckt sich die Berechnungsmöglichkeit auf sämtliche Arten der mit Brät gefüllten Waren /von dem Frankfurter Würstel bis zu den Dauerwurstwaren/ und auch auf einige Fleischkonservenarten.

Das Modell MOD 10 ist ein quasi-lineares Gleichungssystem, das auch die sich auf die Rohstoffzusammensetzung beziehenden Streuungen in Betracht nimmt und das von deren abhängung eine solche Rezeptur berechnet, die die Produktion betreffenden Normvorschriften auf einem Wahrscheinlichkeitsniveau von  $p=95\%$  befriedigt. An der einen Seite sind die Zusammensetzungsinformationen der Rohstoffe und die einzuhaltenen Ebenmässigkeiten;

an der anderen Seite die mit Grenzcharakter /Ungleichung/ einzuhaltenen Normvorschriften zu finden. Diese Bedingungsbedingungen werden durch die auf das Minimum der Rohstoffkosten zielende Zielfunktion ergänzt. Von den Lösungen unendlicher Anzahl des Systems wählt der Rechenautomat die den kleinsten Rohstoffkosten entsprechende Rezeptur aus.

Unter den Bedingungsbedingungen ist auch die die Substanz des Produktes schützende, das Verhältnis Wasser:Protein beschränkende Gleichung zu finden. In der Zukunft würden wir versuchen auch die mit der Wasserbindfähigkeit zusammenhängenden Informationen dieser Art schon systematisch und schnell herstellbar sein werden.

Wegen des nonlinearen Charakters der Gleichungen und der in Betracht genommenen Angaben grösserer Anzahl ist die Anwendung eines Kleinrechners notwendig /wenn auch nicht zu der alltäglichen betrieblichen Anwendung, aber wenigstens zu der einmaligen Zusammenstellung einer Rezepturvariationstabelle/.

Die Modelle MOD 20 und MOD 30 stellen die Rezepturen von Dauerwurstwaren her. Die Grundprinzipien sind ähnlich, aber der matematische Apparat ist um ein geringes einfacher - denn es ist nicht nötig den Wassergehalt anfangs genau einzustellen. Aber die Berücksichtigung der Streuungen /ja sogar gewisser Korrelationskoeffizienten/ macht eine Iteration nötig, so ist auch hier die Lösung mit dem Kleinrechner zweckmässig.

#### Die Modelle MOD 110, MOD 120 und MOD 130

Insofern wir auch den BEFFE-Gehalt /Bindegewebeeisweissfreies Fleischeisweiss/ der Erzeugnisse zu planen beabsichtigen, so können wir die Modelle MOD 110, MOD 120 und MOD 130 anwenden. Diese Modelle berechnen zwei Rezepturen, die eine ist zu der Sicherung des gesamten Proteingehaltes geeignet und die andere reicht zu der Erreichung des BEFFE-Gehaltes. Nach den zwei Lösungen druckt der Rechenautomat in Form "Bereit zur Herstellung" jene Variante aus, die gleichzeitig die Vorschriften beider Werte erfüllt /als eine Teillösung bekommen wir beide Rezepturen/.

#### Ergänzungsprogramme

Da wir die komplizierten Berechnungsformeln vermeiden wollten und zur gleichen Zeit nach der Berücksichtigung von Informationen grosser Anzahl strebten, haben wir Datenvorbereitungsprogramme angefertigt.

Das Dateneinfuhrprogramm PREP 20 ist imstande insgesamt 180 Informationen von 20 Rohstoffen zu fassen /Zusammensetzungs-, Streuungs- und Preisangaben, Verhältnisparameter/. Die Dateneinfuhr können wir in der Praxis sehr einfach, als zifferige Antworten der auf dem Display in Reihen erscheinenden Fragen durchführen. Im Falle weniger Information

gekürzt sich die Dateneinfuhr durch entsprechende Sprünge. Das Programm zieht die Datenreihen in entsprechenden Gruppen zusammen und speichert anstatt der 20 Datenreihen 5 Durchschnittsdatenreihen. Diese sind für welches Modell auch immer zugänglich.

Das PREP 50 dient zu der direkten Füllung der fünf Durchschnittsdatenreihen und das PREP 120 zu der Einfuhr der BEFFE-Angaben der Rohstoffe.

Man kann mit dem Anspruch der Kontrolle von schon vorhandenen Rezepturen rechnen: Welche Produktzusammensetzung könnte die gegebene Rezeptur neben der augenblicklichen Stoffzusammensetzung ergeben? In solchen Fällen wenden wir das Programm FORM 20 an. Dieses letztere kann schon auch auf einem programmierbaren Taschenkalkulator durchgeführt werden/. Das Programm ANAL 20 dient bei der sich auf eine Komponente der Rohstoffe richtenden Schnellanalyse zu der Berechnung der weiteren chemischen Komponenten zur Zeit im wesentlichen aufgrund der sogenannten Feder'schen Zahl, dies betrachten wir aber nicht als eine Konstante, sondern als eine Veränderliche, die von dem Bindegehalt bzw. Fettgehalt abhängt/.

Das Rohstoffwörterbuch VOC 80 speichert die kurze, verbale Bezeichnung der verschiedenen möglichen Rohstoffe nach entsprechenden zweizifferigen Codes. Es ist also bei der Dateneinfuhr PREP 20 ausreichend die Codes der Rohstoffe einzutasten, in der bei dem auf der Modelle erhaltenen Rezeptur sind die Nennungen der Rohstoffe zu finden. Die Rezeptur ergibt sich so in "kutterfertigen" Zustand, nötigenfalls in zwei Exemplaren.

#### Das Kleinrechner-Programm des Systems, die Dienstleistungen des Systems

Der Kleinrechner ist ein programmierbar Tischkalkulator mit einer Speicherkapazität von 8 Kbyte. Die Programme können von einer Magnetbandkassette angesagt werden. Da wir die einzelnen Modelle und Programme des Systems mit abweichender Häufigkeit anwenden, sind die Mitglieder des Systems auf mehreren Kassetten in verschiedenen praktischen Gruppierungen angeordnet /z.B. die Gruppierung: PREP 20 - MOD 10 - VOC 80/.

Bei der Programmierung haben wir die leichte Behandelbarkeit vor dem Auge gehalten, so wird z.B. die Dateneinfuhr durch das Programm "gelenkt" und durch das Programm wird auf die einzelnen Daten auf dem Bildschirm "daraufgefragt". Es besteht die Möglichkeit auch bei der Datenspeicherung auf Magnetband und auch zu dem Herausschreiben von Durchschnittsdaten /Teilresultaten/.

Die einzelnen Modelle bieten die folgenden Dienstleistungen dar: spezifische Rezeptur, spezifische BEFFE-Rezeptur, Herstellungsrezeptur berechnet auf die gegebene Postenzusammensetzung, die zu erwartende chemische Zusammensetzung des Halbfertigproduktes /dies weicht natürlich - abhängig von dem Masse der Streuungen - von der Normgrenze ab/, die Rohstoffkosten der Mischung, Gewichtskontrollfaktor bei Dauerwurstwaren zu dem Folgen und der Einstellung des Wassergehaltes. Die Herstellungsrezeptur wird in zwei Exemplaren angefertigt, ein Exemplar kann sofort in den Betrieb geliefert werden.

#### DIE ANWENDUNG DES MODELLSYSTEMS "PRODUCONT"

Die Anwendbarkeit des Modellsystems ist ausgedehnt, ob ein grösserer Rechenautomat oder ein Kleinrechner zur Verfügung steht, ob wir über solche nicht verfügen. In kleineren Betrieben, wo - zumindest nur für das Modellsystem - kein Rechenautomat gekauft wird, können mit Hilfe des Systems ausgearbeitete Tabellen, Rezepturenbücher angewandt werden. Man kann sich um das Anwendungsbereich, um die Anwendungsmethode handeln, welches Bereich bzw. welche Methode sich entsprechend der Rohstoffvorbereitungstechnologie, der Genauigkeit und Häufigkeit der entstehenden Informationen, der Grösse der behandelten Rohstoffposten und Produktenposten ändern kann.

In Ergänzung der vorangeführten müssen wir die Aufmerksamkeit auf noch einen Gesichtspunkt richten. Das System PRODUCONT hilft in der Erwahlung der optimalen /sparsamen, aber sichereren/ Rezeptur, aber das Mass der zu erreichenden Rohstoffersparnis hängt von der Genauigkeit der Informationen, der Sorgfältigkeit der Rohstoffvorbereitung ab. Dies ist zweckmässig die Anwendung des Systems PRODUCONT zusammen mit der Kontrolle und Modernisierung der Rohstoffvorbereitungstechnologie zu lösen.

#### LITERATUR

1. Ground Meat Systems. Meat Industry 22 /9/ 22-25., 26-28., 31., 38.p. /1976/
2. Neue Amerikanische Technologien. Die Fleischerei, 28 /6/ 26-28.p. /1977/
3. LIBBLER, E: Die Fleischerei, 27 /4/ 18-20.p. /1976/
4. HACK, K.H.; STAFFE, E. et al.: Verarbeitungsmaterial-Atlas für die Fleisch- und Wurstwarenproduktion. Gewürzmüller International, Stuttgart, 1976.
5. GORDON, A: Food Process Industry 42, 495 /1973/
6. YOUNG, A.P: Die Fleischerei, 28 /12/ 44-46.p. /1977/
7. RUSZ, E.P.; KOTULA, A.W. et al: Journal of Animal Science, 42 /1/ 67-71.p. /1976/
8. ERDŐS, Z: Die Fleischerei 31 /6/ 709-712.p. /1 80/
9. PIETRASZEK, G: The National Provisioner, 181 /26.aug/ 6-22.p. /1978/
10. BRAUN, K: Die Fleischerei 31 /3/ 171-173, 74/ 302-308, /5/ 554-560 p. /1980/
11. HENNIG, W: Die Fleischwirtschaft 55 /9/ 1270-1277.p. /1975/
12. Neuentwicklungen aus den USA. Die Fleischwirtschaft 58 /8/ 1282-1287.p. /1978/
13. KORMENDY, L; ERDŐS, Z; ZUKÁL, E: Acta Alimentaria 8 /4/ 343-355 /1979/.